

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



ESCUELA DE POSGRADO

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR
EN CIENCIAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE CON
MENCIÓN EN PRODUCCIÓN Y BIENESTAR ANIMAL**

**EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES
PARA RETENCIÓN DE CARBONO, EN LA CUENCA
GANADERA DE MOLINOPAMPA, AMAZONAS**

Autor: M. Sc. Héctor Vladimir Vásquez Pérez

Asesor: Ph. D. Jorge Luis Maicelo Quintana

Co-asesor: Ph. D. Julio Cesar Alegre Orihuela

Registro:

CHACHAPOYAS - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mi esposa Cecilia Noemí y mis hijos Cecilia Mariel y Héctor André, quienes son mi principal fortaleza y razón de mi vida, motivándome cada día para ser mejor profesional.

A mi Madre Edita Zenaida y hermanos Carlos, Stalin, Edward, Jhonathan y Rosyta, quienes son el principal apoyo familiar, acompañándome siempre en mi sueño de superación y formación.

A la memoria de mi padre Héctor Vásquez López, mi abuelo Miguel Pérez y Diani Gisel, quienes me iluminan cada día para seguir superándome en mi vida profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM) y la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), quienes a través del proyecto “Innovación de la evaluación de sistemas silvopastoriles de selva alta peruana como estrategia de adaptación y mitigación al cambio climático”, financiado por el Programa Nacional de Innovación Agraria - PNIA, apoyaron con los análisis y recojo de información para el desarrollo del presente trabajo de investigación; así mismo, a los productores del distrito de Molinopampa, Región Amazonas, quienes brindaron las facilidades en el proceso de recolección de información.

Al Ph. D. Jorge Luis Maicelo Quintana, asesor de la tesis, por su valioso apoyo y dedicación en el asesoramiento para la culminación del presente trabajo de investigación.

Al Ph. D. Carlos Gómez Bravo y al Ph. D. Julio Alegre Orihuela, docentes de reconocida trayectoria de la UNALM, por su valiosa contribución, para la culminación del presente proyecto de investigación.

A Dr. Manuel Emilio Milla Pino y al M. Sc. Leandro Valqui Valqui, por su valioso apoyo en el análisis estadístico, procesamiento de información y redacción del presente trabajo de investigación.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

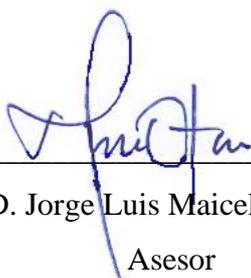
Dr. Raúl Rabanal Oyarce

Director de la EPG-UNTRM

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

En mi calidad de docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), Ph.D. Jorge Luis Maicelo Quintana, hago constatar que he asesorado en la ejecución y elaboración del informe de tesis titulado “Eficiencia de los sistemas silvopastoriles para retención de carbono, en la cuenca ganadera de Molinopampa, Amazonas”, del tesista, M. Sc. Héctor Vladimir Vásquez Pérez, egresado del Doctorado en Ciencias para el Desarrollo Sustentable de la Escuela de Posgrado de la UNTRM.

Chachapoyas, 23 de julio del 2020



Ph.D. Jorge Luis Maicelo Quintana

Asesor

JURADO EVALUADOR

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón
Presidente

Ph.D. Ligia Magali García Rosero
Secretaria

Dr. Manuel Emilio Milla Pino
Vocal

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 6-0

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO () / DOCTOR (X)

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES PARA RETENCIÓN DE CARBONO, EN LA CUENCA GANADERA DE MOLINOPAMPA, AMAZONAS
presentada por el estudiante () / egresado (X) HÉCTOR VLADIMIR VÁSQUEZ PÉREZ
de la Escuela de Posgrado, Maestría () / Doctorado (X) en CIENCIAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

con correo electrónico institucional hvasquez@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 24 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM,
- b) La citada Tesis tiene % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 17 de julio del 2020



SECRETARIO

Ligia Magali García Rosero

PRESIDENTE

Dr. Miguel Ángel Barroca Gurbillon

VOCAL

Dr. Manuel E. Milla Pino

OBSERVACIONES:

.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS

Secretaría General
OFICINA DE GRADOS Y TÍTULOS

ANEXO 6-N

EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO () O DOCTOR (X)

En la ciudad de Chachapoyas, el día 07 de Agosto del año 2020, siendo las 15:00 horas, el aspirante HÉCTOR VLADIMIR VÁSQUEZ PÉREZ defiende en sesión pública la tesis titulada: "EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES PARA RETENCIÓN DE CARBONO, EN LA CUENCA GANADERA DE MOLINOPAMPA, AMAZONAS", para obtener el Grado Académico de Maestro () / Doctor (X) en Ciencias para el Desarrollo Sustentable a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el jurado evaluador, constituido por:

Presidente: Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Secretaría: Ligia Magali García Rosero, PhD

Vocal: Dr. Manuel Emilio Milla Pino

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado Evaluador determinó la calificación concedida de la Tesis de Maestría () / Doctorado (X) en términos de:

Aprobado (X) Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 17:00 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis de Maestría () / Doctorado (X)

Chachapoyas, 07 de Agosto de 2020


SECRETARIA


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS.....	iv
JURADO EVALUADOR.....	v
INDICE GENERAL	viii
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	18
II. MATERIAL Y MÉTODOS	27
2.1. Lugar de estudio.....	27
2.2. Material, equipos y herramientas.....	28
2.3. Metodología.....	29
2.3.1. Delimitación.....	29
2.3.2. Variables de estudio	30
2.3.3. Operacionalización de variables	30
2.3.4. Diseño de la investigación	31
2.3.5. Metodología del análisis estadístico.....	48
III. RESULTADOS	54
3.1. Caracterización de los principales SSP prevalentes en Molinopampa.....	54
3.2. Caracterización de los productores que manejan sistemas silvopastoriles.....	68
3.3. Caracterización del componente arbóreo, herbácea, hojarasca y suelo.....	79
3.3.1. Producción de biomasa del SSP con Aliso	79
3.3.2. Producción de biomasa seca del SSP con Pino	82
3.3.3. Producción de biomasa seca del SSP con Ciprés.....	84
3.3.4. Producción de biomasa seca del SSP con Pona	87
3.3.5. Evaluación de biomasa en el sistema sin árboles.....	89
3.3.6. Evaluación del contenido del suelo.....	90
3.3.7. Evaluación de la resistencia mecánica del suelo.....	96
3.4. Evaluación de crecimiento, rendimiento, composición florística y nutricional ..	99

3.4.1. Evaluación del crecimiento de las pasturas.....	99
3.4.2. Evaluación de materia verde en las pasturas.....	103
3.4.3. Evaluación de materia seca	106
3.4.4. Evaluación de la composición florística	109
3.4.5. Evaluación de la composición nutricional y digestibilidad de pasturas.....	114
3.5. Determinar las reservas de carbono total en los diferentes sistemas.....	121
3.5.1. Evaluación de reservas de carbono en suelo	121
3.5.2. Evaluación de las reservas de carbono en los sistemas.....	123
3.5.3. Evaluación de reservas de carbono en la biomasa.	127
3.5.4. Evaluación de las reservas de carbono total en suelo	128
3.5.5. Evaluación de las reservas de carbono total.....	129
3.5.6. Evaluación de reservas de CO ₂ en los sistemas	130
3.6. Determinar la eficiencia de los sistemas silvopastoriles.....	131
IV. DISCUSIÓN	133
4.1. Caracterización de los principales SSP prevalentes en Molinopampa.....	133
4.2. Caracterización de los productores que manejan sistemas silvopastoriles.....	138
4.3. Caracterización del componente arbóreo, herbácea, hojarasca y suelo	142
4.3.1. Producción de biomasa del SSP con Aliso	142
4.3.2. Producción de biomasa del SSP con Pino.....	143
4.3.3. Producción de biomasa del SSP con Ciprés.....	144
4.3.4. Producción de biomasa del SSP con Pona	145
4.3.5. Evaluación de biomasa en el sistema sin árboles.....	146
4.3.6. Evaluación del contenido del suelo.....	146
4.3.7. Evaluación de la resistencia mecánica del suelo.....	149
4.4. Evaluación de crecimiento, rendimiento, composición florística y nutricional..	150
4.4.1. Evaluación del crecimiento de las pasturas.....	150
4.4.2. Producción de materia verde y materia seca.....	150
4.4.3. Evaluación de la composición florística	151
4.4.4. Evaluación de la composición nutricional y digestibilidad.....	153
4.5. Determinar las reservas de carbono total en los diferentes sistemas.....	155
4.5.1. Evaluación de reservas de carbono total en suelo	155
4.5.2. Evaluación de reservas de carbono en la biomasa	156
4.5.3. Evaluación de las reservas de carbono total.....	157

4.5.4. Evaluación de reservas de CO ₂ en los sistemas	161
4.6. Determinar la eficiencia de los sistemas silvopastoriles.....	161
V. CONCLUSIONES	164
5.1. Identificación de los principales SSP prevalentes en Molinopampa.....	164
5.2. Caracterización de los productores que manejan sistemas silvopastoriles.....	164
5.3. Caracterización del componente arbóreo, herbácea, hojarasca y suelo.....	165
5.4. Evaluación de crecimiento, rendimiento, composición florística y nutricional..	166
5.5. Determinar las reservas de carbono total en los diferentes sistemas.....	167
5.6. Determinar la eficiencia de los sistemas silvopastoriles.....	168
VI. RECOMENDACIONES	169
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	171
VIII. ANEXOS	183

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	31
Tabla 2. Distribución de sistemas, época y parcelas para investigación.	36
Tabla 3. Muestreo estratificado con afijación proporcional.	37
Tabla 4. Tamaño de muestra de árboles por sistema silvopastoril.	37
Tabla 5. Modelos alométricos de diferentes especies forestales.....	43
Tabla 6. Análisis de varianza para evaluar los sistemas.	51
Tabla 7. Análisis de varianza para captura de carbono.....	52
Tabla 8. Matriz inicial de autovalores para el análisis de las variables	71
Tabla 9. Discriminación de variables utilizando los autovectores.....	73
Tabla 10. Matriz de correlaciones de Sperman para caracterizar los sistemas.....	75
Tabla 11. Matriz final autovalores para el análisis y agrupamiento de variables.....	76
Tabla 12. Producción total de biomasa seca en el SSP con aliso	79
Tabla 13. Producción total de biomasa seca en el SSP con pino.....	82
Tabla 14. Producción total de biomasa seca en el SSP con ciprés	84
Tabla 15. Producción total de biomasa seca en el SSP con pona	87
Tabla 16. Producción total de biomasa seca en SSA	89
Tabla 17. Análisis de varianza de las características del suelo en diferentes sistemas...	91
Tabla 18. Análisis del tipo de sistema y profundidad sobre las características del suelo	93
Tabla 19. Análisis de varianza de la resistencia mecánica del suelo	97
Tabla 20. Análisis de la resistencia mecánica del suelo.	98
Tabla 21. Análisis de varianza del crecimiento de pasturas (cm).....	100
Tabla 22. Análisis del crecimiento de las pasturas en diferentes días	101
Tabla 23. Análisis de varianza del forraje verde en las pasturas (kg/m ²).....	103
Tabla 24. Análisis del forraje verde en diferentes días de corte.	104
Tabla 25. Análisis de varianza del contenido de materia seca en las pasturas (kg/m ²)..	107
Tabla 26. Análisis de la materia seca en diferentes días de corte	108
Tabla 27. Principales especies de pasturas y malezas época de invierno	112
Tabla 28. Principales especies de pasturas y malezas época de verano.....	114
Tabla 29. Análisis de varianza de la composición nutricional y digestibilidad	115
Tabla 30. Análisis de la composición nutricional y digestibilidad de las pasturas.....	117

Tabla 31. Análisis de varianza de total de carbono/profundidad (Tm/ha).....	121
Tabla 32. Análisis del carbono por profundidad en el suelo.	122
Tabla 33. Análisis de varianza del carbono total en los sistemas	124
Tabla 34. Análisis del carbono total en los diferentes sistemas.....	126
Tabla 35. Eficiencia de los sistemas silvopastoriles y sistema sin árboles (Tm/ha).....	131
Tabla 36. Comparación de carbono en diferentes sistemas	160

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca ganadera del distrito de Molinopampa. ...	27
Figura 2. Mapa de distribución de encuestas del Distrito de Molinopampa.....	34
Figura 3. Sistemas silvopastoriles evaluados.....	35
Figura 4. Mapa de ubicación geográfica de los sistemas evaluados.....	36
Figura 5. Mapa de distribución de árboles en SSP con aliso	38
Figura 6. Mapa de distribución de árboles en SSP con Pino	38
Figura 7. Mapa de distribución de árboles en SSP con Ciprés	39
Figura 8. Mapa de distribución de árboles en SSP con Pona.....	39
Figura 9. Diagrama de concentración de nutrientes y carbono en.....	46
Figura 10. Actividad principal que desarrollan los productores de Molinopampa.....	54
Figura 11. Condición de tenencia de tierras en Molinopampa.	54
Figura 12. Conocimiento sobre sistemas silvopastoriles en Molinopampa.....	55
Figura 13. Área total de terreno que posee los productores de Molinopampa.	55
Figura 14. Área que posee el sistema silvopastoril en Molinopampa.....	56
Figura 15. Tala y quema de bosques para aumentar las áreas de terreno.....	56
Figura 16. Especie de árbol plantado en el predio en Molinopampa.....	57
Figura 17. Diseño del sistema silvopastoril en Molinopampa.....	57
Figura 18. Diseño del sistema silvopastoril con aliso en Molinopampa.	58
Figura 19. Diseño del sistema silvopastoril con pino en Molinopampa.	58
Figura 20. Diseño del sistema silvopastoril con ciprés en Molinopampa.	59
Figura 21. Diseño del sistema silvopastoril con pona en Molinopampa.	59
Figura 22. Instalación de SSP en el predio en Molinopampa.	60
Figura 23. Recibió apoyo para la siembra de árboles en Molinopampa.	60
Figura 24. Propósito por el que ha realizado la siembra de árboles.	61
Figura 25. Cultivo de pasto que predomina en su predio.	61
Figura 26. Tipo de pasto que predomina en el predio en Molinopampa.	62
Figura 27. Edad de las especies de árboles en el sistema silvopastoril en Molinopampa.	62
Figura 28. Tiempo aproximado para obtener beneficio de los árboles del SSP	63
Figura 29. Textura del suelo del sistema silvopastoril en Molinopampa.	63
Figura 30. Color del suelo en Molinopampa.	64
Figura 31. Profundidad de capa arable en suelos de Molinopampa.	64

Figura 32. Condición de dureza o trabajabilidad del suelo en Molinopampa.	65
Figura 33. Razas de ganado en la cuenca de Molinopampa.	65
Figura 34. Número de cabezas de ganado en los predios ganaderos de Molinopampa. .	66
Figura 35. Sistema de pastoreo utilizado para la alimentación del ganado... ..	66
Figura 36. Periodo de descanso de la pastura para su pastoreo en Molinopampa.	67
Figura 37. Número de animales en producción de leche en Molinopampa.	67
Figura 38. Producción diaria de leche en hatos ganaderos de Molinopampa.	68
Figura 39. Dendograma del análisis de conglomerados de 130 hatos para la formación de grupos de sistemas silvopastoriles en el distrito de Molinopampa.	69
Figura 40. Biplot del total de variables que caracterizan el sistema silvopastoril de 130 hatos ganaderos de Molinopampa.	72
Figura 41. Biplot de las principales variables que caracterizan el sistema silvopastoril del distrito de Molinopampa.	78
Figura 42. Distribución de carbono y CO ₂ en el SSP con aliso.	80
Figura 43. Relación entre el DAP y la biomasa total del aliso como variable regresora.	80
Figura 44. Histograma de distribución de frecuencias de las alturas totales de aliso.	81
Figura 45. Histograma de distribución de frecuencias del DAP en aliso.	81
Figura 46. Distribución de carbono y CO ₂ en el SSP con pino.	82
Figura 47. Relación entre el DAP y la biomasa total del pino como variable regresora.	83
Figura 48. Histograma de distribución de frecuencias de las alturas totales de pino.	83
Figura 49. Histograma de distribución de frecuencias del DAP en pino.	84
Figura 50. Distribución de carbono y CO ₂ en el SSP con ciprés.	85
Figura 51. Relación entre el DAP y la biomasa total del ciprés como variable regresora.	85
Figura 52. Histograma de distribución de frecuencias de las alturas totales de ciprés. ...	86
Figura 53. Histograma de distribución de frecuencias del DAP en ciprés.	86
Figura 54. Distribución de carbono y CO ₂ en el SSP con pona.	87
Figura 55. Relación entre el DAP y la biomasa total de pona como variable regresora.	88
Figura 56. Histograma de distribución de frecuencias de las alturas totales de pona.	88
Figura 57. Histograma de distribución de frecuencias del DAP en pona.	89
Figura 58. Distribución de carbono y CO ₂ en el SSA.	90
Figura 59. Comparación del contenido de materia orgánica a diferentes profundidades.	94

Figura 60. Evaluación del contenido de fósforo a diferentes profundidades.....	95
Figura 61. Evaluación del contenido de potasio a diferentes profundidades.....	96
Figura 62. Evaluación de la resistencia mecánica del suelo a diferentes profundidades.	99
Figura 63. Evaluación de crecimiento de pastos en diferentes días de corte y época...	102
Figura 64. Evaluación de materia verde en diferentes días de corte y época.	106
Figura 65. Evaluación de materia seca en diferentes días de corte y época.	109
Figura 66. Composición florística de diferentes sistemas época de invierno.	110
Figura 67. Porcentaje de cobertura de la composición florística en época de invierno.	111
Figura 68. Composición florística de diferentes sistemas en época de verano.....	113
Figura 69. Porcentaje de cobertura de la composición florística en época de verano. .	113
Figura 70. Evaluación de proteína en diferentes épocas y sistemas.	118
Figura 71. Evaluación de la fibra de detergente neutra en diferentes épocas y sistemas.	119
Figura 72. Evaluación de la digestibilidad in vitro en diferentes sistemas y época.....	120
Figura 73. Evaluación del carbono en el suelo a diferentes profundidades.....	123
Figura 74. Evaluación del carbono de la biomasa en diferentes sistemas.	127
Figura 75. Evaluación del carbono total en el suelo en diferentes sistemas.....	128
Figura 76. Evaluación del carbono total en diferentes sistemas.	129
Figura 77. Evaluación del contenido de CO ₂ en diferentes sistemas.....	130
Figura 78. Distribución de la eficiencia de los sistemas en la retención de nutrientes.	132

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia de los sistemas silvopastoriles (SSP) para retención de carbono (C) en la cuenca ganadera de Molinopampa, establecidos con Aliso (*Alnus acuminata*), Pino (*Pinus patula*), Ciprés (*Cupressus macrocarpa*), Pona (*Ceroxylum quindiuense*), y el sistema sin árboles (SSA). Identificándose 20 sistemas (cuatro repeticiones por sistema) con características similares, realizándose muestreos de biomasa arbórea, hojarasca, herbácea y suelo a una profundidad de 30 cm, con la finalidad de determinar el C total. Para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza ANOVA en base a un arreglo factorial, los tratamientos fueron las combinaciones entre sistemas y profundidad de suelo, aplicándose la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha \leq 0,05$), analizados mediante el programa Statistix V. 10,0. Teniendo como resultado en el C total, destaco la pona (179,49 Tm/ha), seguido por el pino (160,75 Tm/ha), ciprés (150,09 Tm/ha), y el más bajo fue el aliso (108,15 Tm/ha); en cuanto al SSA obtuvo una cantidad de C (131,33 Tm/ha). El sistema que destaco con mayor eficiencia en la retención de nutrientes totales fue la pona 1 273,29 Tm/ha, seguido por el pino 1 199,54 Tm/ha, ciprés 1 090,23 Tm/ha, sistema sin árboles 978,91 Tm/ha y el menor contenido fue el aliso 808,23 Tm/ha, esto indica que la pona tiene una mejor capacidad de fotosíntesis, acumulando mayor carbono en la parte arbórea y suelo; así mismo, mientras mayor edad y altura del árbol tenga el componente arbóreo, la biomasa se incrementará.

Palabras claves: Eficiencia, silvopastura, carbono, suelo, pasturas

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the efficiency of the silvopastoral systems (SSP) for carbon sequestration (C) in the Molinopampa cattle basin, established with Alder (*Alnus acuminata*), Pine (*Pinus patula*), Cypress (*Cupressus macrocarpa*), Pona (*Ceroxylum quindiuense*), and the treeless system (SSA). Identifying 20 systems (four repetitions per system) with similar characteristics, sampling of arboreal biomass, litter, herbaceous and soil at a depth of 30 cm, in order to determine the total C. For the statistical analysis, an ANOVA analysis of variance was performed based on a factorial arrangement, the treatments were given the combinations between systems and soil depth, applying the Tukey multiple comparisons test ($\alpha \leq 0.05$), analyzed by the Statistix program V. 10.0. Taking as a result in the total C, highlight the pona (179.49 Tm / ha), followed by the pine (160.75 Tm / ha), cypress (150.09 Tm / ha), and the lowest was the alder (108.15 Tm / ha); as for the SSA, it obtained an amount of C (131.33 Tm / ha). The system that stood out with greater efficiency in the retention of total nutrients was the pona 1 273.29 Tm / ha, followed by the pine 1 199.54 Tm / ha, cypress 1 090.23 Tm / ha, treeless system 978.91 Tm / ha and the lowest content was the alder 808.23 Tm / ha, this indicates that the pona has a better capacity of photosynthesis, accumulating more carbon in the arboreal part and soil; likewise, the greater the age and height of the tree, the more the tree component, the biomass will increase.

Keywords: Efficiency, silvopasture, carbon, soil, pastures.

I. INTRODUCCIÓN

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP), se definen como una unidad de manejo comprendida por tres componentes principales: árboles, pastos y animales, dentro de un ambiente climático determinado (Mahecha, 2002). Los árboles y las herbáceas constituyen el techo vegetal del sistema y desempeñan, desde la perspectiva productiva, una serie de funciones entre las que destacan la producción maderera, el suministro de frutas y follajes con alto contenido nutricional y de sombra (Lapeyre, Alegre, & Arévalo, 2004). En la actualidad, a los SSP se les atribuye funciones de tipo medioambiental, como las relacionadas con la captura de carbono, la conservación de la biodiversidad y el mejoramiento de la infiltración de agua de lluvia (Ibrahim et al., 2007).

Al respecto, Broom, Galindo, & Murgueitio (2013), indica que los SSP son en definitiva una herramienta para obtener una ganadería eficiente en términos productivos, de rentabilidad, competitividad y de conservación de los recursos naturales. Cumplen un papel importante en la mitigación del Cambio Climático (CC) al disminuir la presión de deforestación sobre los bosques para la ampliación de la frontera agrícola ganadera y contribuir a la rehabilitación de los ecosistemas degradados. Además los SSP ofrecen servicios ambientales como la captura y almacenamiento del carbono atmosférico, lo cual, es fundamental en la mitigación al CC puesto que el CO₂ es el gas de mayor impacto en el calentamiento global (Crespo, 2008). Una parte importante del carbono presente en la atmósfera puede ser almacenado de forma natural por las plantas en la biomasa aérea mediante los procesos de fotosíntesis; y otra parte en el suelo, a través de la acumulación de materia orgánica (Lok, Fraga, Noda, & García, 2013) que puede retener hasta tres veces más carbono (Montagnini, Somarriba, Murgueitio, Fassola, & Eibl, 2015).

Además, Nair (2012), indica que el carbono es un componente esencial de todos los seres vivos, existe en su mayor parte como dióxido de carbono en la atmósfera y los océanos; y los combustibles fósiles (carbón, petróleo y otros hidrocarburos). El dióxido de carbono de la atmósfera es absorbido por las plantas y convertido en carbohidratos y tejidos a través del proceso de fotosíntesis, como parte del ciclo del carbono, siendo los SSP las de mayor eficiencia en la captura de carbono (MINAM, 2016).

Esta eficiencia en el secuestro de carbono de un sistema está regulada en la capacidad que tiene la planta para realizar la fotosíntesis, además influye el clima, la cantidad, la calidad de los materiales orgánicos y las propiedades inherentes del suelo (Botero, 2011). Dentro de una zona climática, el tipo de árbol y las propiedades inherentes del suelo (textura del suelo, el tipo de arcilla y los agregados) y las prácticas de cultivo tienen efectos sobre la eficiencia de secuestro de carbono (Mahecha, 2002). Existiendo una relación lineal positiva entre el crecimiento de la planta (árbol y pastura) en la eficiencia de secuestro y el contenido del carbono en el suelo, principalmente por la capacidad que tiene la planta en acumular nutrientes, aumentando su crecimiento y el reciclaje. Siendo importante conocer la eficiencia que tienen los arbustos en el secuestro de carbono con la finalidad de buscar estrategias de gestión de sistemas como las silvopasturas para mejorar la producción y la fertilidad de los suelos (Hua, Wang, Guo, & Guo, 2014).

Por otro lado, Petit (2011), indica que la pastura es el principal componente herbáceo de los sistemas silvopastoriles aporta 2,5 Tm/ha en pasturas en pastoreo. El carbono se incrementa cuando existe un mayor desarrollo herbáceo y no cuando la pastura es defoliada. Además, indica que la pastura mejorada tiene mayor capacidad de almacenamiento de carbono en comparación a una pastura natural (Ibrahim et al., 2005). El incremento de almacenamiento de carbono en pasturas está relacionado con la producción de materia seca, lo que permite una mayor cantidad de alimento para los animales.

Además, es importante considerar al suelo por la cantidad de carbono orgánico que puede almacenar, oscilando de 1% en suelos arenosos a más de 20% en los suelos franco arcillosos, los suelos que se forman bajo bosques tienden a acumular altos niveles de carbono orgánico del suelo próximos a la superficie y tienen niveles de carbono más bajos en el subsuelo, debido a la acumulación de residuos de hojas y madera en descomposición proveniente de las ramas y de los árboles que se acumulan en la superficie del suelo (INTA, 2002). Siendo los principales componentes de almacenamiento de carbono en el uso de la tierra el carbono orgánico y la biomasa arriba del suelo. Se ha estimado que el carbono en la biomasa de los bosques primarios y secundarios varía entre 60 y 230 y entre 25 y 190 Tm/ha, respectivamente y que el carbono en el suelo puede variar entre 60 y 115 Tm/ha (Ibrahim et al., 2007).

El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera de la tierra es una preocupación mundial, y se considera como uno de los seis principales gases que intervienen en el efecto invernadero el cual está contribuyendo en mayor proporción al cambio climático. En los últimos 200 años los incrementos del CO₂ en la atmósfera han sido de 280 a 375 ppm, y continúa aumentando a una tasa promedio superior a 1,5 ppm por año (IPCC, 2014).

Por lo tanto, los bosques tropicales de la Amazonia vienen desempeñando un papel importante en el ciclo global del carbono, al cubrir un área extensa y ser ecosistemas extremadamente dinámicos, regulando la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera mediante la fijación del mismo y su reincorporación al ciclo normal (Broom et al., 2013). En los últimos años The World Agroforestry Centre ha desarrollado estudios que evalúan las reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra, ubicados en dos sitios de los trópicos húmedos del Perú, indicando que los bosques naturales almacenan gran cantidad de carbono comparados con otros sistemas agroforestales (Montagnini et al., 2015).

Actualmente los SSP han despertado considerable interés en la comunidad científica en razón de la necesidad de concebirse como nuevas alternativas de explotación agrícola que sean biológica, económica y ecológicamente más sustentables que los sistemas tradicionales, como el monocultivo de pastos con gramíneas, en cuanto al uso de la tierra, además es considerado por la FAO como la octava estrategia para mitigar los efectos del cambio climático (Buitrago-Guillen, Ospina-Daza, & Narváez-Solarte, 2018). Los SSP presentan también un gran potencial para la recuperación de áreas de pasturas degradadas, por conciliar la aptitud pastoril de los productores que poseen derechos de posesión de la tierra con la recomposición del paisaje natural (EEA, 2018).

En América Latina, uno de los principales cambios que afronta el uso de la tierra ha sido la deforestación de bosques, con la finalidad de establecer pasturas para la ganadería (McGroddy, Lerner, Burbano, Schneider, & Rudel, 2015), debido a ello, se han propuesto una serie de acciones que se puedan aplicar en fincas de pequeños y medianos productores, estas consisten en promover los sistemas silvopastoriles, incentivar la regeneración natural de la vegetación y la conservación de los bosques primarios (Alegre, Arévalo, & Ricse, 2001).

Dentro de las actividades agrícolas, destacan los sistemas ganaderos relacionados con la producción animal teniendo una fuente importante de emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI) en todo el mundo, emitiendo un total de 435 Tm de CO₂ eq, en el año de referencia 1990 (EEA, 2018). Dependiendo del enfoque utilizado para la cuantificación y del tipo de emisiones estudiadas, diferentes instituciones como el IPCC y FAO, han calculado que la contribución del ganado a las emisiones mundiales de los GEI representa el 9% de las emisiones totales incrementándose cada año (FAO, 2013).

Siendo la ganadería la actividad que ocupa la mayor superficie de la tierra, representado con un 70% del área agrícola del planeta y el 30% de toda la superficie terrestre (Mauricio et al., 2019). Esta actividad, provee aproximadamente el 30% de la proteína para consumo humano en el mundo y contribuye al bienestar de 1 300 millones de personas, pero al mismo tiempo, impacta negativamente en todas las esferas del medioambiente: aire, suelo, agua y biodiversidad; influyendo en el cambio climático (Buitrago-Guillen et al., 2018). También la ganadería constituye una actividad contaminante al verter materia orgánica, patógenos y residuos farmacológicos a las fuentes de agua y al expandir la producción a zonas no aptas para esta actividad, generando: deforestación, degradación, compactación y erosión de los suelos (Patiño, Rivera, Patiño, & Vargas, 2017).

La deforestación en la amazonia peruana está en un ritmo de 150 mil ha anuales y se cuenta con 2,5 millones de áreas deforestados durante el período 2001-2017, mientras que en las regiones de San Martín y Ucayali la deforestación alcanza niveles superiores a 1,3 millones de ha; representando el 51% de sus superficies totales, respectivamente (MINAM, 2015b). Esta situación demuestra la necesidad de tomar acciones y fomentar el uso de sistemas sostenibles en dichas regiones, para evitar que la deforestación siga avanzando (Maicelo, 2014).

La ganadería en la selva peruana está siendo cuestionada porque está asociada a la deforestación, baja productividad, altas tasas de degradación de suelos afectando de esta manera la sostenibilidad medio ambiental. Al respecto Ibrahim, Villanueva, & Casasola (2007), indican que es necesario tomar medidas contra el cambio climático, promoviendo sistemas ganaderos sostenibles que ayuden a la conservación y recuperación del suelo y agua, una reducción en emisiones de gases de efecto invernadero y que favorecen la producción agropecuaria. En este sentido, los SSP son una opción viable de producción

pecuaria, porque brindan beneficios como la reducción de estrés por la sombra brindada a los animales, el incremento de la producción animal, el reciclaje de nutrientes y reducción de la compactación de los suelos (Concha, Alegre, & Pocomucha, 2007), así como la generación de servicios ambientales, entre otros, siendo una herramienta de adaptación y mitigación para hacer enfrentar al cambio climático.

Así mismo, más del 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero del Perú se generan producto de actividades como el cambio de uso de suelo, silvicultura y de la agricultura (FAO, 2013), incrementándose cada año el área total deforestada en la selva amazónica que representa un 9,54% de la superficie de los bosques amazónicos, siendo las regiones que mayor área deforestada San Martín y Ucayali (MINAM, 2015a).

Se observa además que, en el Perú las emisiones de GEI al año 2009 fueron de 138 millones de toneladas de CO₂ eq, de las cuales cerca del 38,4% se deben a la deforestación y degradación de los bosques tropicales; un 24,9% proviene del sector agropecuario; un 16,4% en el sector energético, cuyo mayor crecimiento se debe al incremento del parque automotor; teniendo un incremento anual de 1,7% de las emisiones de GEI (MINAM, 2013).

Estos incrementos han intensificado sus impactos en los sistemas productivos, lo que demanda generar medidas de adaptación rápidas e integrales (Dube et al., 2011). A pesar que el Perú produce sólo el 0,4% del total mundial de emisiones de GEI, es uno de los más afectados, por su alta vulnerabilidad, principalmente los pobladores de las áreas rurales cuyas actividades productivas dependen en gran medida de las condiciones de la naturaleza donde el clima es determinante en los procesos productivos (MAG, 2012).

El Perú, uno de los 16 países megadiversos del mundo, con el segundo bosque amazónico más grande después de Brasil, la cadena montañosa andina más extensa, 28 de los 32 climas del mundo y cuenta con 84 de las 117 zonas de vida identificadas en todo el planeta; teniendo actualmente 72 millones de hectáreas de bosques tropicales, que mantienen cautivas al menos 9 900 millones de toneladas de carbono en la biomasa (150 Tm/ha), estos recursos no son bien manejados por sus altas tasas de deforestación, baja productividad, degradación de suelos que afecta su producción y la sostenibilidad medio ambiental (CONCYTEC, 2013).

Actualmente, el gobierno peruano se encuentra comprometido, en el marco de la Convención de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, para presentar metas de reducción de CO₂ al 2030. Motivo por el cual el sector agricultura, ha establecido medidas que fueron presentadas por el Ministerio de Ambiente en la COP 20, donde se hizo énfasis en la necesidad de desarrollar actividades silvopastoriles en la Amazonía (MINAM, 2016).

Para apoyar estas iniciativas en el año 2018, el gobierno Peruano, dio la Ley N° 30754 sobre el cambio climático, cuyo objetivo es establecer los principios, enfoques y disposiciones para la gestión integral, participativa y transparente de las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, a fin de reducir la vulnerabilidad del país al cambio climático, aprovechar las oportunidades del crecimiento bajo en carbono y cumplir con los compromisos internacionales asumidos por el Estado ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Así mismo, estableció las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, la reducción de emisiones de deforestación y degradación de los bosques promoviendo la conservación y aumento de las reservas forestales de carbono, a través de programas y proyectos de conservación y manejo sostenible de bosques (El Peruano, 2018).

La ganadería en la Región Amazonas, se ha caracterizado por la aplicación de sistemas no sostenibles de uso, manejo inadecuado de suelos y sus recursos, lo que ha generado continuos procesos de deterioro de los ecosistemas existentes. Así mismo, la presencia y actividades de las poblaciones migrantes hacia esta región han agudizado los problemas de tipo social, económico, legal y ambiental que han conducido a una permanente deforestación, pérdida gradual de la biodiversidad y contaminación ambiental (Vásquez, 2016).

El promedio de la deforestación de la Región Amazonas en el periodo 1990 - 2014 fue de 1 010 590,75 ha; ubicándose en el segundo lugar con más área deforestada a nivel nacional, de las cuales 349,020 ha pasan a formar parte de las áreas de no bosque, 154,138 ha están actualmente utilizadas con algún cultivo y 194,882 ha se encuentran en estado de abandono (MINAM, 2015a), este último se debe a la ampliación de las áreas de pastoreo para la crianza de ganado vacuno que trae como consecuencia un manejo inadecuado del hato ganadero, deteriorando el ecosistema.

Por otro lado, las actividades productivas como la agricultura y ganadería son las principales razones de la fragilidad de los agro ecosistemas en la zona de la cuenca de Molinopampa, permitiendo la pérdida del bosque natural y de varias de sus especies nativas arbóreas, arbustivas, y de fauna endémica, así mismo en la zona existen áreas especiales de flora y fauna y una área de conservación, con especies nativas, que en los últimos años están en peligro por las malas prácticas agrícolas, y la introducción de especies exóticas como el pino y ciprés, impidiendo la conservación de la biodiversidad del bosque natural (IIAP, 2006).

Teniendo en cuenta que el manejo de los SSP contribuye a la recuperación de áreas degradadas de los sistemas actuales; favoreciendo así la competitividad de las cadenas de producción agropecuaria y forestal de la Amazonía, la adaptación y mitigación a los efectos del cambio climático, y a la sostenibilidad ambiental y económica de la zona (Murgueitio et al., 2013). Además de cumplir con los compromisos asumidos en la COP 20, que contempla una recuperación de los suelos degradados y mejora de los recursos hídricos con el manejo silvopastoril en la Amazonía Peruana (MINAM, 2015b). Para esta reducción es necesario primero conocer qué SSP viene adaptándose adecuadamente y cuál es su contribución en los últimos años al sistema de manejo de la ganadería.

Actualmente, en la cuenca del distrito de Molinopampa, Región Amazonas, existen SSP que se manejan empíricamente, que fueron instalados como cercos vivos y división de potreros para el manejo del ganado y con el pasar de los años se convirtieron en SSP. Además, en el Perú los SSP han sido enfocados como banco de proteínas establecidos con *Morus alba* y *Centrosema macrocarpum* desarrollados en mayor cantidad en los trópicos húmedos de Yurimaguas, Loreto y Pucallpa, para la recuperación de áreas sobre pastoreadas y manteniendo la productividad en base a una carga animal adecuada y manejo rotativo (Callo-Concha, Krishnamurthy, & Alegre, 2001); y a la adaptación de los árboles y arbustos en zonas pastoreadas (Rios, 2007). Sin embargo, no se ha realizado a la fecha un diagnóstico sobre los sistemas prevalentes, ni cuantificado la cantidad de beneficios que genera al ecosistema como el carbono orgánico.

Es importante mencionar que, los trabajos de investigación que se han venido realizando en el Perú sobre los SSP son deficientes comparados con los realizados en Colombia, Costa Rica, México y Brasil, donde se tiene un mayor trabajo de investigaciones y

adopción de tecnologías que les permita mejorar el sistema productivo; por lo tanto, es necesario investigar de tal manera que la información obtenida sirva para mejor análisis de los diferentes sistemas y cuál es su contribución de reservas de carbono para mitigar el cambio climático, con la finalidad de incrementar el desarrollo de actividades silvopastoriles en la amazonia favoreciendo la competitividad de las cadenas de producción agropecuaria y forestal.

Al mismo tiempo, es necesario plantear trabajos de investigación que permitan revertir esta situación fomentando el uso de sistemas sostenibles de producción. Al respecto, Braun, Van Dijk, & Grulke (2016), indican que los SSP son de interés para la comunidad científica en razón de la necesidad de concebirse nuevas alternativas de explotación agrícola que sean biológica, económica y ecológicamente más sustentables que los sistemas tradicionales, como el monocultivo de pastos. Además, que los SSP presentan también un gran potencial para la recuperación de áreas de pasturas degradadas, por tener una aptitud pastoril.

Entendiendo la problemática actual es necesario conocer y determinar la eficiencia de los SSP para la retención de carbono y determinar cuál es su aporte a la mitigación del cambio climático, además de generar información de gran valor para las intervenciones futuras, ayudar a implementar políticas, programas y estrategias que mejoren la actual intervención de las instituciones; así mismo, generar conocimiento e información para los profesionales, investigadores y productores que se encuentren comprometidos con el desarrollo sostenible de la Amazonia Peruana.

En la presente investigación, para la evaluación de retención de carbono se utilizó el método indirecto no destructivo, pudiendo muestrear un mayor número de árboles, reduciendo así el error muestral en comparación al muestreo destructivo, para lo cual se usó ecuaciones alométricas definidas para cada especie. En los SSP el carbono generalmente se encuentra distribuido en cuatro componentes: biomasa herbácea, hojarasca, arbórea y suelo, que ayuda a predecir la cantidad de carbono que retiene el sistema (Maicelo, 2014).

Teniendo como objetivo principal del presente trabajo de investigación: determinar la eficiencia de los sistemas silvopastoriles para retención de carbono en la cuenca ganadera

de Molinopampa, Amazonas, considerando como objetivos específicos a). Caracterizar los principales SSP prevalentes en la cuenca ganadera de Molinopampa. b). Evaluar el componente arbóreo, hojarasca herbácea y suelo de los SSP *Alnus acuminata*, *Pinus patula*, *Cupressus macrocarpa* y *Ceroxylon quindiuense*. c). Determinar el crecimiento, rendimiento, composición florística y nutricional de las pasturas en diferentes sistemas. d). Determinar las reservas de carbono total. e). Determinar la eficiencia de los sistemas silvopastoriles; basados en su interacción integral que desarrollan y el aporte de cada uno de los componentes que intervienen en el SSP, que conlleven al fortalecimiento de los medios de vida de las familias rurales involucradas directamente e indirectamente en la actividad ganadera del distrito de Molinopampa.

Finalmente, se obtuvo como principal conclusión, que el sistema con mejor eficiencia en la retención de nutrientes y carbono fue la pona con 1 273,29 Tm/ha, seguido por el pino 1 199,54 Tm/ha, ciprés 1 090,23 Tm/ha, sistema sin árboles 978,91 Tm/ha y el menor contenido fue el aliso con 808,23 Tm/ha, estos resultados indica que la pona tiene una mejor capacidad de fotosíntesis debido a su formación arbórea, transformándose en una planta con mayor eficiencia en el uso de los recursos ambientales para retener nutrientes, destacando una mayor acumulación de carbono en la parte arbórea y suelo.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de estudio

El distrito de Molinopampa está ubicado al nor este de la Provincia de Chachapoyas, limita por el norte con el distrito de Quinjalca y el distrito de Granada; por el sureste con la provincia de Rodríguez de Mendoza; por el suroeste con el distrito de Cheto; y por el oeste con el distrito de San Francisco de Daguas y el distrito de Sonche, se encuentra a una altitud de 2,400 m.s.n.m. entre las latitudes 06° 12'20'' sur y longitud 77°40'06'', con un tiempo de viaje de una hora y a una distancia de 42 km desde la parte este de la ciudad de Chachapoyas capital del departamento de Amazonas (Oliva, 2016).

Predomina el clima frio con temperatura promedio de 14,5 °C y las precipitaciones superan los 1,200 mm al año. La superficie del distrito es de 333,86 km² y su capital es el centro poblado de Molinopampa.

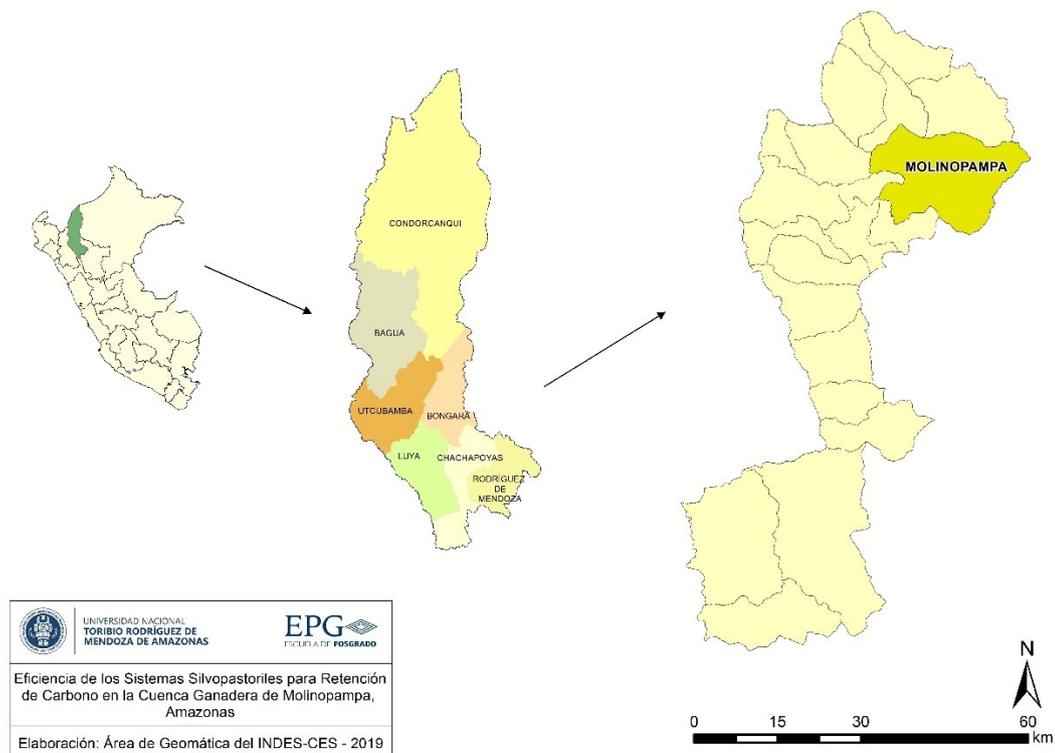


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca ganadera del distrito de Molinopampa.

2.2. Material, equipos y herramientas

El material utilizado ha sido distinto dependiendo de las etapas en la aplicación del estudio.

1ra. etapa: Caracterizar los principales sistemas silvopastoriles prevalentes en la cuenca ganadera de Molinopampa

Se utilizó una matriz operacional, formatos de encuesta, guía de entrevistas, cámara fotográfica, GPS, tableros, lapiceros, cuaderno de apuntes, formatos para registro de los agricultores con presencia de sistemas silvopastoriles en sus predios y computadora personal. Realizándose en primer lugar un análisis descriptivo, que permitió realizar una comparación porcentual de los resultados utilizándose el SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) V. 20,0. Luego, se realizó un análisis multivariado, mediante el análisis de los componentes principales con la finalidad de observar la correlación entre variables, utilizándose el programa InfoStat V. 2018p.

2da. etapa: Evaluación del componente arbóreo, herbácea, hojarasca y suelo de los sistemas

Se utilizaron formatos para el recojo de información de campo, distanciómetro, GPS, higrómetro, cámara fotográfica, wincha de 50 m, regla metálica 1m, alambre de púas, martillo, machete y postes de madera para cercar las parcelas experimentales, tablero, cuadernillo de apuntes, lapicero y lápiz, marcadores, etiquetas de marcado, cilindro de colecta para muestras de suelo, estufas, horno de secado, balanzas analíticas, computadora personal y programas estadísticos apropiados como el SPSS V. 20,0 y el Statistix V. 10,0.

3ra. etapa: Determinar el crecimiento, rendimiento, composición florística y nutricional de las pasturas de los sistemas

Se utilizaron formatos para el recojo de información de campo, herramientas como: hoz, machete, wincha de 5 m, balanza digital de 5 kg de capacidad, cuerda de nilón de 50 metros, bolsas plásticas, cuadrante de madera 50 x 50 cm, lápiz, tablero, bolsas de polietileno grandes, marcadores, estufas y balanza analíticas y computadora personal.

4ta. etapa: Determinar las reservas de carbono total en los diferentes sistemas

Durante el trabajo en gabinete, se utilizó materiales de oficina como papel bond, plumones, papelotes, fotocopias; computador personal con software especializado como SPSS V. 20,0 y Statistix V. 10,0, proyector multimedia, sistematización de bibliografía y referencias, y documentos de información secundaria, para determinar las reservas de carbono de los sistemas de producción.

5ta. etapa: Determinar la eficiencia de los sistemas silvopastoriles

Para el trabajo en gabinete se utilizó computadora, materiales de oficina, reportes de evaluación de campo y bibliografía, con la finalidad de determinar la eficiencia de los sistemas silvopastoriles.

2.3. Metodología

2.3.1. Delimitación

a. Delimitación espacial y temporal

El presente trabajo de investigación, en su fase de identificación de los SSP prevalentes tuvo una duración de cuatro meses, y la fase de campo para la caracterización, composición nutricional y florística tuvo una duración de catorce meses; contemplándose la evaluación de los sistemas en dos épocas, la primera época de lluvia (Octubre 2016 a mayo del 2017), y la segunda época seca (Mayo a Diciembre del 2017); para la determinación de reservas de carbono se realizó la evaluación en una sola época (Enero a Mayo 2017), completando fichas de evaluación de cada uno de los indicadores en estudio, recojo de muestras de pastos, hojarasca y suelo identificadas y analizadas en los laboratorios, material que fue extraído directamente de las parcelas bajo los diferentes SSP y SSA.

b. Población del distrito de Molinopampa

La población de estudio estuvo compuesta por productores agropecuarios, según el MINAGRI (2013), el distrito está constituida por 8 257 habitantes, de los cuales 4 393 son hombres y 3 864 son mujeres los cuales viven principalmente en familias mononucleares.

2.3.2. Variables de estudio

Variables independientes:

- Caracterizar e identificar los principales sistemas silvopastoriles prevalentes.
- Caracterizar y evaluar el componente arbóreo, herbácea, hojarasca y suelo de los SSP *Alnus acuminata*, *Pinus patula*, *Cupressus macrocarpa* y *Ceroxylon quindiuense*, y el sistema sin árboles (SSA).
- Determinar el crecimiento, rendimiento, disponibilidad, composición florística y nutricional de las pasturas en los sistemas.
- Determinar las reservas de carbono total en los diferentes sistemas.

Variables dependientes:

- Eficiencia de cada SSP para retención de nutrientes y carbono en la cuenca ganadera de Molinopampa.

2.3.3. Operacionalización de variables

En la Tabla 1, se muestran las variables de estudio, sus indicadores y la relación entre ellas, que fueron utilizadas para la presente investigación:

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Variable a Explicar	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores (Unidad de medida)	
Sistema silvopastoril (SSP)	Esquema de manejo integral compuesto por especies forestales, arbustivas y animales que ayudan a mejorar la productividad y sustentabilidad de la explotación ganadera	<i>Alnus acuminata</i> + hojarasca + pastura + suelo	Sistema identificado	
		<i>Pinus patula</i> + hojarasca + pastura + suelo	Sistema identificado	
		<i>Cupressus macrocarpa</i> + hojarasca + pastura + suelo	Sistema identificado	
		<i>Ceroxylum quinduenses</i> + hojarasca+ pastura + suelo	Sistema identificado	
		Sistema sin arboles	Sistema identificado	
Variable Explicativa	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores (Unidad de medida)	
Determinar e identificar los sistemas silvopastoriles	Identificar que sistemas SSP prevalecen en la zona de estudio	Identificación de los SSP	Encuesta conteniendo 30 variables (ver encuesta)	
Caracterización y evaluación de los sistemas silvopastoriles	Conocer las características de los componentes del sistema silvopastoril (Árbol, pasto y hojarasca)	Caracterización del sistema <i>Ceroxylum quinduense</i> , <i>Pinus patula</i> , <i>Cupressus macrocarpa</i> y <i>Alnus acuminata</i> , asociado con pastura mas el sistema sin árboles	Nº de árboles/ha	
			Edad del SSP	
			Grado de compactación del suelo	
	Determinar el crecimiento de las pasturas		Crecimiento de pastos de 30, 45, 60 y 75 días (cm)	
			Rendimiento de forraje ver kg/m2	
			Rendimiento de materia seca Kg/m2	
	Medidas dasométricas del componente arbóreo para determinar el volumen en un sistema silvopastoril		Contenido nutricional (PT, FC, FDN, G, Cz, Div)	
			Diametro altura de pecho (DAP)	cm
			Altura de fuste (AF)	Metros
			Altura total (AT)	Metros
	Composición florística de los SSP		Diametro de copa (DC)	cm
			Especie forrajera	Nº de especies/m2
			Malezas	Porcentaje de cobertura Nº de especies de malezas/m2 Porcentaje de cobertura de malezas
	Características físicas y químicas del suelo		Textura	Porcentaje de arena, limo y arcilla
			CIC	Capacidad de intercambio catiónico
pH.		Acides y alcalinidad		
C.E.		Cantidad de sales en el suelo.		
N, P y K		ppm		
Materia orgánica		Porcentaje		
Porosidad		Porcentaje		
Determinar la reservas de carbono total	Resistencia mecanica	Kg/cm2		
	Carbono en la biomasa arbórea	Tm/ha		
	Carbono en la hojarasca	Tm/ha		
	Carbono en la herbácea	Tm/ha		
	Carbono en el Suelo	Tm/ha		

2.3.4. Diseño de la investigación

Para realizar la etapa de evaluación de campo se estructuró de acuerdo al análisis aplicado en el presente trabajo de investigación, describiéndose por cada objetivo propuesto y variables de estudio.

2.3.4.1. Caracterizar los principales SSP prevalentes en Molinopampa

Población: Estuvo constituida por 778 Unidades agropecuarias (UA) que manejan ganado vacuno, quienes conforma la cuenca ganadera del Distrito de Molinopampa, según el IV Censo Nacional Agropecuario, resultados que fueron reportados por el MINAGRI (2013).

Muestra: Para determinación de la cantidad de unidades productivas, que fueron encuestadas para la identificación de los SSP, con la finalidad de evaluar las distintas variables, se empleó la fórmula de muestras finitas en los que se conoce el tamaño de la población (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2010):

$$n = \frac{Z_t^2 * p * q * N}{e^2 * (n+1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

Z_t = Valor tabulado en correspondencia con N

p = probabilidad de éxito de la muestra (n) – 0,50

q = probabilidad de fracaso de la muestra (n) – 0,50

e = error máximo permisible (10%)

N = tamaño de unidades agropecuarias

n = tamaño de la muestra

$$n = \frac{3,8416 \quad 0,5 \quad 0,5 \quad 778}{0,0061 \quad 779 \quad + \quad 3,8416 \quad 0,5 \quad 0,5}$$

$$n = \frac{0,9604 \quad 778}{4,7873 \quad + \quad 0,9604}$$

$$n = \frac{747,19}{5,7477}$$

$$n = 130$$

Aplicando la fórmula, se obtuvo para el presente trabajo de investigación; n = 130 Unidades Agropecuarias que manejan ganado vacuno quienes fueron encuestados en la fase de caracterización e identificación de los SSP prevalentes.

Técnica e instrumento de recopilación de información

Para la obtención de la información requerida se realizó primeramente un sondeo, luego las encuestas fueron dirigidas a los productores de la cuenca en estudio, tomando en consideración los siguientes procedimientos:

a. Análisis del grado de validez y confiabilidad de la encuesta

Para conocer los sistemas silvopastoriles prevalentes de la cuenca ganadera de Molinopampa, se elaboró una encuesta con 30 ítems como instrumento de recojo de información con variables cualitativas y cuantitativas que permitió conocer y caracterizar el manejo que vienen realizando los productores en sus hatos ganaderos.

Para la validez del instrumento, este fue sometido a la opinión de tres (3) expertos, los cuales emitieron juicio sobre cada uno de los ítems con respecto a la coherencia,

pertinencia, independencia e impacto, permitiendo ajustar el instrumento en correspondencia con los objetivos de la investigación.

Luego, se procedió a realizar una prueba piloto que consiste en la aplicación de la encuesta a los productores con el propósito de medir el grado de fluidez del instrumento para el recojo de información, aplicándose a una muestra de 10 productores con características similares a la población objeto de estudio en cuanto al manejo, con la finalidad de conocer el grado de confiabilidad de la encuesta para el análisis estadístico (González & Santacruz, 2015).

Posteriormente, se realizó la prueba de confiabilidad de Alfa-Cronbach, esta prueba muestra un coeficiente que representa la correlación de los puntajes obtenidos con aplicación del instrumento en una sola ocasión, donde la confiabilidad de alfa-Cronbach puede oscilar de 0 a 1, aceptándose un nivel confiabilidad mínima de 0.8, que indica que el instrumento es consistente y tiene una fiabilidad para el recojo de información (Quero, 2010). En el presente trabajo se utilizó el método de varianza de los ítems (Cronback, 1951), calculado mediante el uso de SPSS V 20,0 (Gonzales-Ramirez & Landero, 2006), establecido mediante la siguiente formula:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right]$$

Donde:

α = Alfa de Cronbach

K = Numero de ítems

V_i = Varianza independiente de cada ítem.

V_t = Varianza total

(Cronback, 1951)

Teniendo como resultado, que el grado de confiabilidad de Cronbach presenta un alfa de 0,829, indica que el instrumento posee una alta consistente y fiabilidad, encontrándose apto para su aplicación, la matriz de datos de los ítems utilizada para la presente evaluación se muestra en el Anexo 7.

Alfa de Cronbach	Número de Ítems
0,829	30

b. Encuesta

La encuesta constituyó la base para la caracterización e identificación del SSP, mediante el recojo de información cualitativa y cuantitativa y su respectivo análisis, realizada en forma personalizada a cada productor de la muestra de estudio, estructurada por un cuestionario de 30 preguntas abiertas y cerradas, organizada de acuerdo a la operacionalización de variables, aplicada a 130 productores. El formulario de la encuesta se puede observar en el Anexo 02.

En la Figura 2, se muestra la distribución de las encuestas aplicadas en la cuenca ganadera de Molinopampa, registradas mediante GPS Garmin, procesado mediante el programa Arc. GIS 10.1.

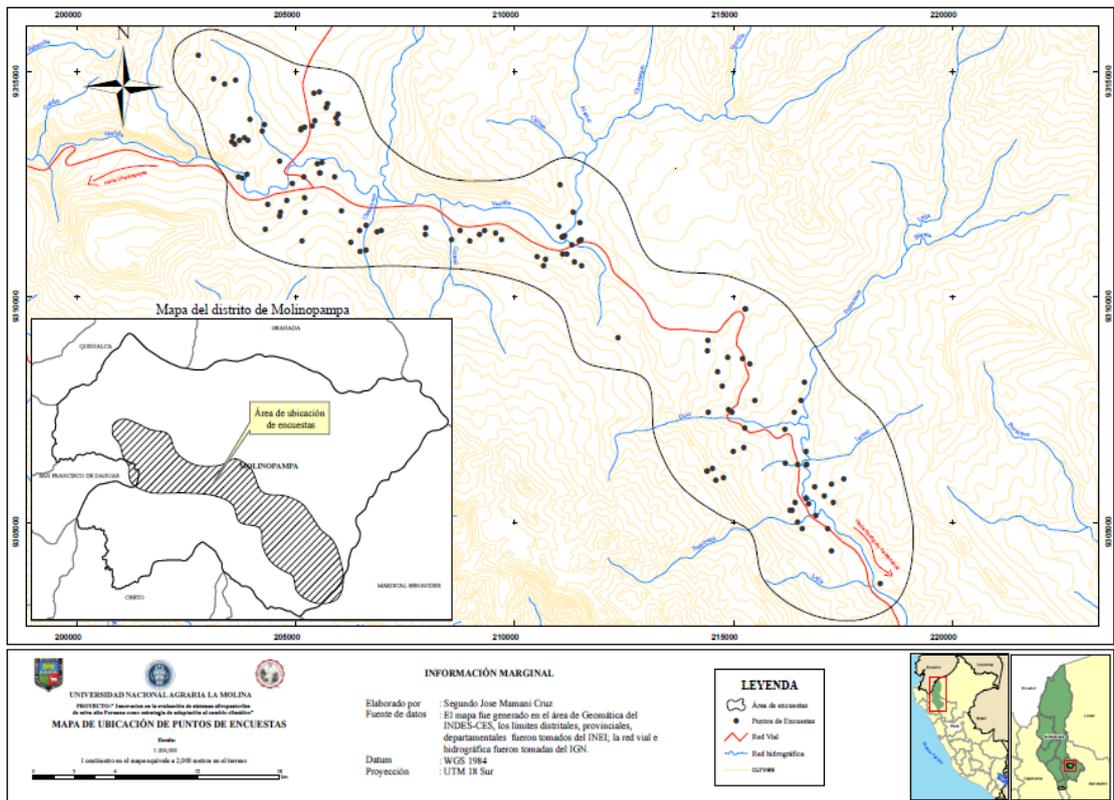


Figura 2. Mapa de distribución de encuestas del Distrito de Molinopampa.

2.3.4.2. Caracterizar y evaluar el componente arbóreo, herbácea, hojarasca y suelo de los sistemas

Luego de haberse identificado los sistemas silvopastoriles prevalentes en la cuenca ganadera de Molinopampa, se definió en función a la distribución arbórea los

sistemas que cuentan con características similares en relación a las variables de suelo, pasturas y edad de los árboles, estableciéndose de la siguiente manera:

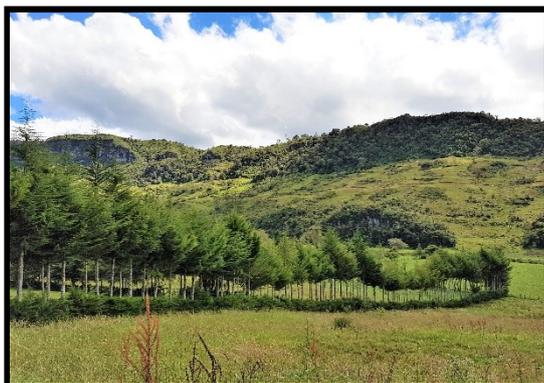
El SSP (1) aliso en franjas, SSP (2) pino en franjas, SSP (3) ciprés en cerco vivo, SSP (4) pona árboles dispersos en potrero (Figura 3) y SSA (5) con pastos, que fueron evaluadas bajo el mismo régimen de variables independientes (pasto, hojarasca y suelo, crecimiento y rendimiento, composición nutricional y florística de pasturas en cada sistema. Para ello se seleccionarán 03 hatos ganaderos por cada sistema; haciendo un total de 15 parcelas, las mismas que fueron evaluadas en dos épocas del año, en la época de lluvia y época seca.



Aliso (*Alnus acuminata*)



Pino (*Pinus patula*)



Ciprés (*Cupressus macrocarpa*)



Pona (*Ceroxylum quindiuense*)

Figura 3. Sistemas silvopastoriles evaluados.

En la Tabla 2, se describe con mayor detalle el diseño y distribución de las parcelas de investigación con sus respectivas repeticiones.

Tabla 2. Distribución de sistemas, época y parcelas para investigación

Época	Sistema	Parcela	
Lluviosa	(1) SSP Aliso	3	
	(2) SSP Pino	3	
	(3) SSP Ciprés	3	
	(4) SSP Pona	3	
	(5) SSA Sin árboles	3	
Seca	(1) SSP Pino	3	
	(2) SSP Aliso	3	
	(3) SSP Ciprés	3	
	(4) SSP Pona	3	
	(5) SSA Sin árboles	3	
Total	2	10	30

La Figura 4, muestra el mapa de distribución geográfica de las parcelas experimentales distribuidas en la cuenca ganadera de Molinopampa, registradas mediante GPS, procesado mediante el programa Arc. GIS 10,1.

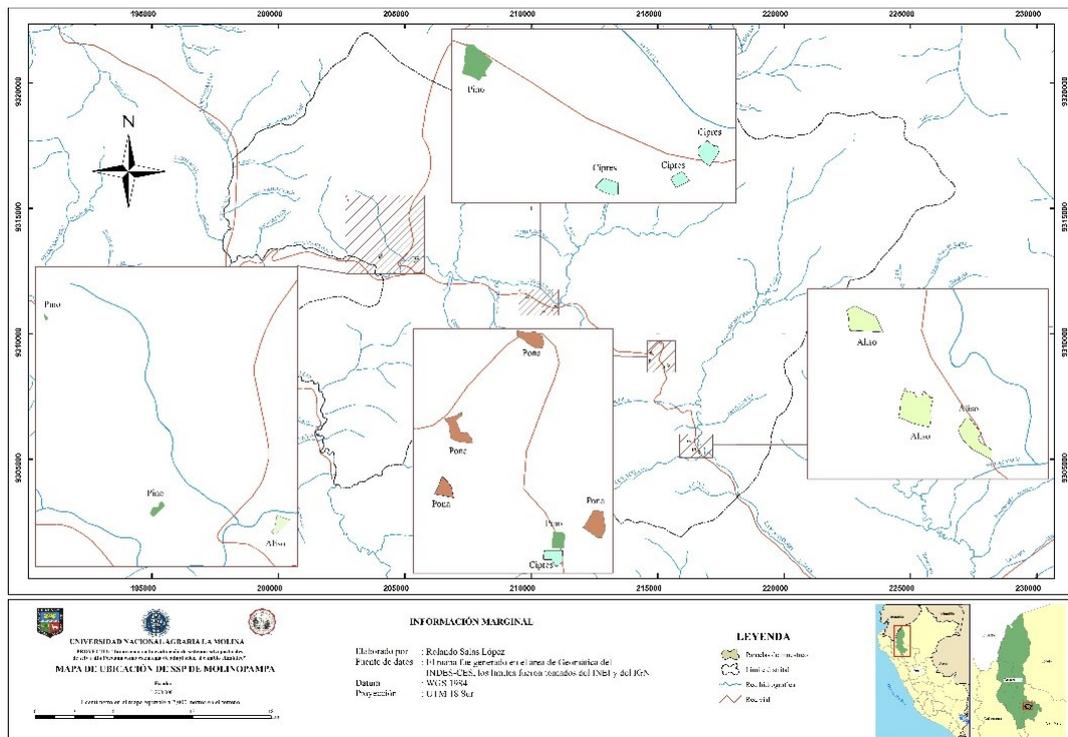


Figura 4. Mapa de ubicación geográfica de los sistemas evaluados.

Muestreo: A objeto de garantizar que todos los sectores que conforman la población de estudio, como los SSP con aliso, pino, ciprés y pona, estén debidamente representados en la muestra, se utilizó un muestreo estratificado con afijación proporcional al tamaño del estrato, y los árboles dentro de cada estrato fueron escogidos siguiendo un procedimiento de muestreo al azar simple (Neville & Sidney, 2001).

Tabla 3. Muestreo estratificado con afijación proporcional

Sistemas	Especie	Cantidad	Cantidad * Fe
SSP1	Aliso	n_1	$n_1 * Fe$
SSP2	Pino	n_2	$n_2 * Fe$
SSP3	Ciprés	n_3	$n_3 * Fe$
SSP4	Pona	n_4	$n_4 * Fe$
Total		n_i	N

$Fe = (n/N)$

Dónde: Fe = Factor de estratificación n = Tamaño de la muestra
N = Tamaño de la población

La Tabla 4, muestra el número de árboles muestreados de acuerdo al sistema evaluado.

Tabla 4. Tamaño de muestra de árboles por sistema silvopastoril

Repetición	Número de árboles evaluados								
	Aliso		Pino		Ciprés		Pona		
	N	n	N	n	N	n	N	n	
N Total								2882	
1	594	32	170	9	156	8	19	6	
2	220	12	285	16	184	10	93	5	
3	69	4	241	13	95	5	21	1	
4	151	8	317	17	198	11	69	4	
Total	1034	56	1013	55	633	34	202	16	

Posteriormente, con ayuda de un GPS, se realizó la georreferenciación para determinar el área del sistema y la identificación de los árboles muestreados a fin de poder elaborar un mapa de cada sistema evaluado y repetición; Las Figuras 5, 6, 7 y 8, muestran los mapas obtenidos de acuerdo a su distribución y arreglo.

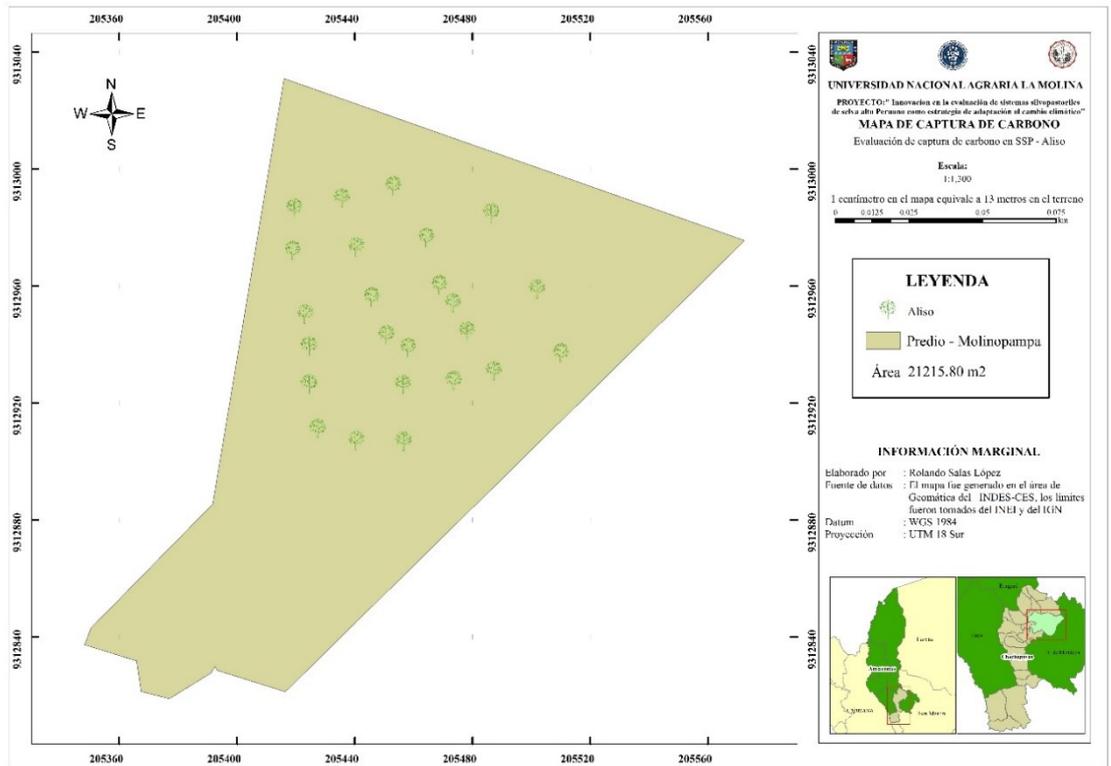


Figura 5. Mapa de distribución de árboles en SSP con Aliso.

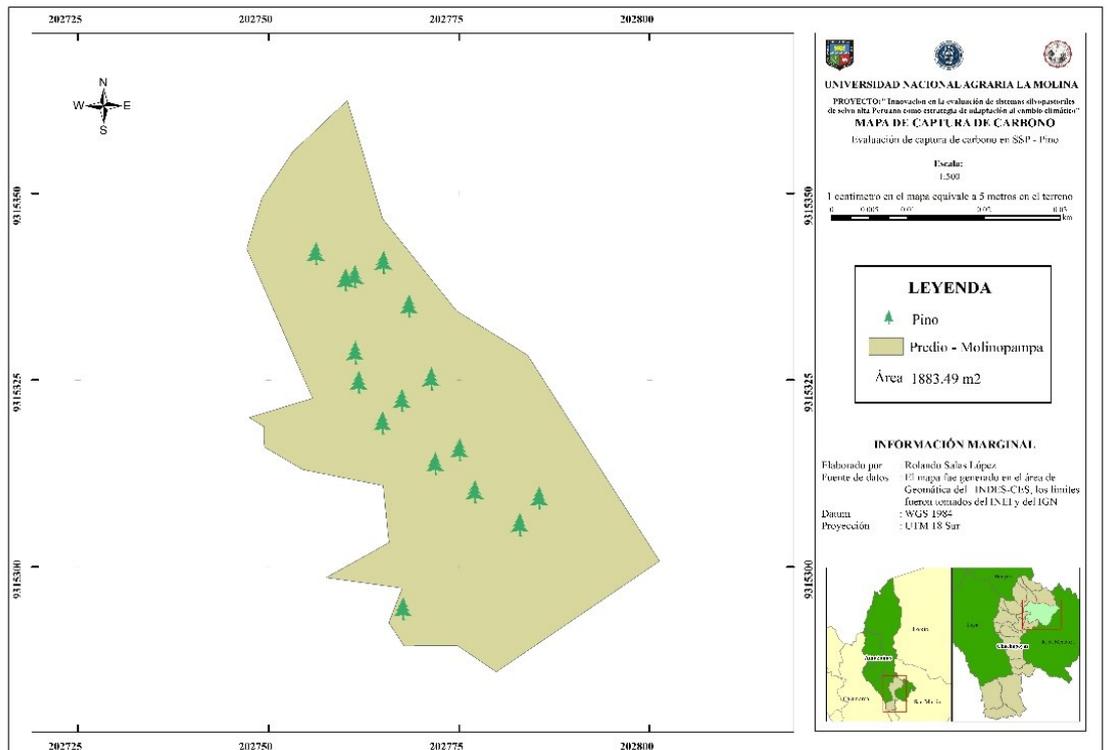


Figura 6. Mapa de distribución de árboles en SSP con Pino.

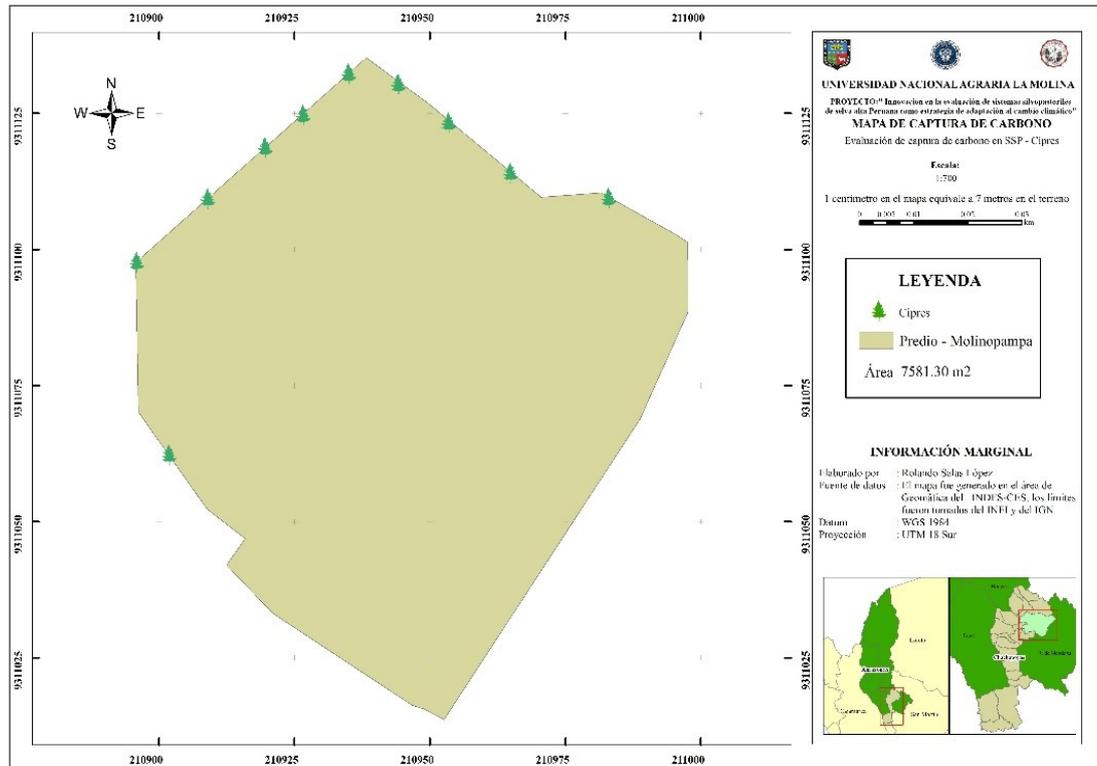


Figura 7. Mapa de distribución de árboles en SSP con Ciprés.

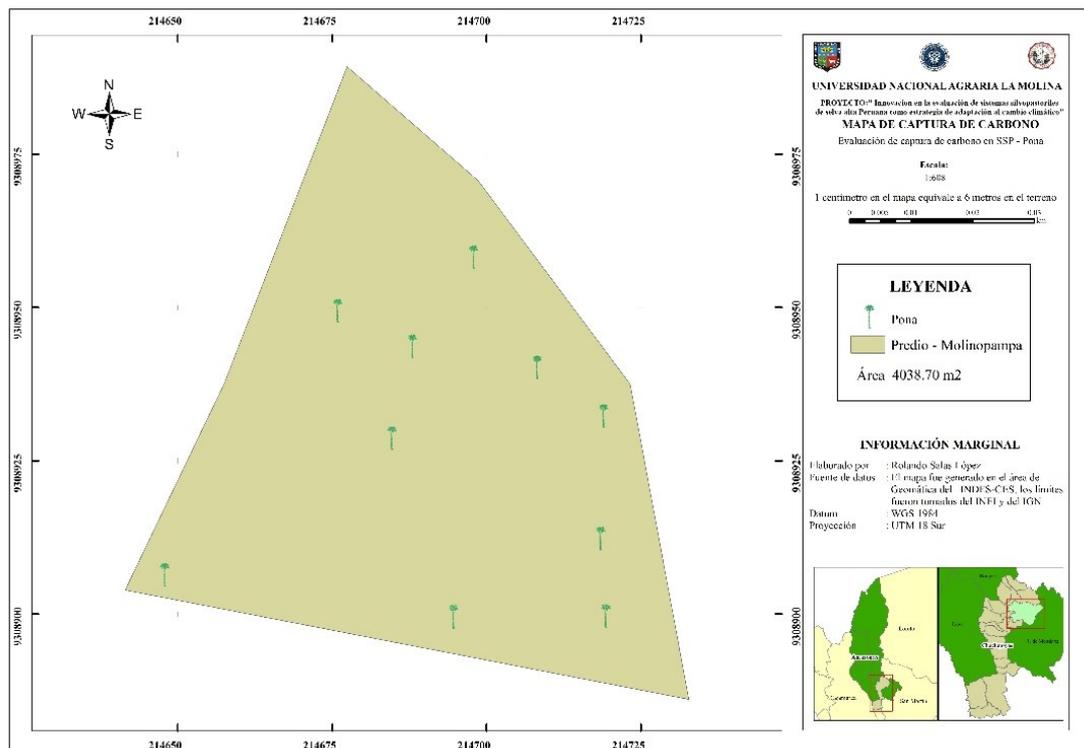


Figura 8. Mapa de distribución de árboles en SSP con Pona.

Todas las parcelas evaluadas, así como su respectiva repetición cuentan con un mapa de evaluación del sistema con aliso, pino, ciprés y pona; que se pueden observar en el Anexo 5.

2.3.4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de información

Medidas Dasométricas: Para determinar la retención de carbono en los árboles se tomó las medidas dasométricas por cada SSP considerando los siguientes parámetros: diámetro altura de pecho (DAP), distancia (D), ángulo de fuste (AF), ángulo total (ANT), altura del fuste (AF), altura total (AT), diámetro de copa (DC) y cobertura. Los cálculos de carbono y biomasa seca fueron hechos tomando en consideración las ecuaciones alométricas para cada especie arbórea descritos en la Tabla 5.

Para determinar AT del árbol se utilizó un Distanciómetro Laser Leica Geosystems (DLLG), tomándose en cuenta altura del árbol a un ángulo de 0° y se registró la distancia entre el distanciómetro y el punto láser en el árbol; con una wincha se midió la altura del punto láser hasta el suelo, tomándose nota de la AF (en la primera rama del árbol) y en el ángulo a la copa del árbol (parte más alta). Simultáneamente con una cinta métrica se realizó la medida del DAP a 1,3 m del suelo. Finalmente, con una wincha se midió el diámetro de la copa del árbol en tres repeticiones obteniéndose un promedio final (Oliva et al., 2015).

Muestreo de hojarasca: Se consideró las hojas de la capa superficial, materiales muertos procedentes del SSP, que se encontraron bajo el árbol como (ramillas, ramas, hojas, flores, etc.). Luego con la ayuda de un cuadrante 1 x 1 m se realizó un muestreo, con 05 repeticiones, recolectándose todo el material por sistema evaluado; luego se procedió al pesado, tomándose una submuestra de 200 g (peso fresco), embolsado y etiquetado, para ser trasladado al Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de Alimentos de la UNTRM para su secado correspondiente, utilizándose una estufa a una temperatura de 105 °C por 24 horas hasta alcanzar un peso seco constante procediéndose a registrar el resultado para hacer el cálculo de materia seca (Fluker & Sánchez, 2016).

Muestreo de Suelo: Para la toma de muestras de suelo se consideró una calicata de 50x50x50 cm, debajo de los árboles con la finalidad de tomar muestras a dos

profundidades la primera de 0 – 15 cm y la segunda a 15 - 30 cm, luego con la ayuda de un cilindro de acero de 15 cm se extrajeron 3 muestras por sistema, las mismas que fueron etiquetadas y enviadas al laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) para su caracterización física y química, analizándose los siguientes factores pH, conductividad eléctrica (dS/M), carbono orgánico (CO) (%), materia orgánica (MO) (%), fósforo (P) (ppm), potasio (K) (ppm), capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100g), porosidad (PO) (%), densidad aparente (DA) ((gr/cm³) y resistencia mecánica (RM) (kg/cm²) (Chichipe & Esparra, 2015).

2.3.4.4. Determinación del crecimiento, rendimiento, composición florística y nutricional de las pasturas en los sistemas

Para realizar la evaluación de crecimiento, rendimiento y composición nutricional en la fase de campo, se aislaron 15 parcelas demostrativas, teniendo un área de 12 m² a una distancia de dos metros del árbol de cada sistema silvopastoril y para el sistema sin árboles se consideró la parte que no afecte o intercepte los árboles, cercándose con alambre de púas para impedir el ingreso de los animales con la finalidad de realizar las evaluaciones periódicas en época de lluvia y seca.

Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para la evaluación de las pasturas en los sistemas se consideró el rendimiento por m² para determinar la materia fresca y materia seca kg/m², tomándose en cuenta las edades de corte establecidas (30, 45, 60 y 75 días), cada muestra fue trasladada al laboratorio para su análisis respectivo.

Materia verde (MV): Se procedió al corte y pesado del material vegetativo de la parcela demostrativa, en un área de 1 m² con 3 repeticiones, con el apoyo de un cuadrante de madera y una hoz se realizó el corte a una altura de 05 cm del suelo, para luego pesar las muestras en una balanza de 5 kg, expresando el resultado en kg de materia verde/m² (kg mv·m²); metodología propuesta por Posada, Angulo, & Restrepo (2007).

Materia seca (MS): Se tomaron muestras de la materia verde, registrándose el peso de la muestra seca (kg/m^2) y peso de la muestra húmeda (kg). El primero se realizó en campo con una balanza de 5 kg; luego en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de Alimentos de la UNTRM, con la ayuda de una balanza de 1 kg se empleó una submuestra de 500g de dependiendo de la cantidad de pastura, colocado en una estufa a $60\text{ }^\circ\text{C}$, hasta obtener un peso constante (Posada et al., 2007). El cálculo de MS se realizó utilizando la ecuación, los resultados obtenidos fueron en kg de materia seca/ m^2 ($\text{kg ms}\cdot\text{m}^2$).

$$\frac{\text{MS}}{\text{m}^2} = \frac{\text{PMS}}{\text{PMH}} \times 100$$

Dónde:

MS: Materia seca (kg/m^2).

PMS: Peso de la muestra seca (kg).

PMH: Peso de la muestra húmeda (kg).

Composición florística

Para realizar el muestreo de la composición florística se consideró toda el área del SSP y SSA, utilizando el método del transecto lineal, el cual consiste en estirar una cuerda delgada de 100 m sobre el terreno, con marcas cada 1 m denominados puntos de contacto, tratando que la cuerda atravesase las áreas representativas del área total del sistema, el punto de inicio es elegido al azar, seguidamente se registraron las especies encontrados en cada punto de contacto, tomando en cuenta una repetición por cada sistema. Luego con la ayuda de una cartilla de registro, y en función a los puntos de contacto se tomaron los datos de acuerdo a su aptitud forrajera (gramíneas y leguminosas), malezas, suelo desnudo o materia orgánica, además de la información correspondiente al nombre común y su clasificación según grupos fisonómicos (Vásquez, Maicelo, Collazos, & Oliva, 2016).

Etapas de laboratorio

Para el análisis de la composición nutricional y digestibilidad de las pasturas se tomaron las muestras que fueron analizadas en materia seca a una edad de corte de 75 días, muestras que fueron secadas, molidas e identificadas en una cantidad de 250 g, para su análisis, enviadas al Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la UNALM, donde se consideraron los siguientes parámetros

de evaluación: proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), fibra de detergente neutro (FDN), extracto etéreo (EE), cenizas (Cz), digestibilidad *in vitro* (DIV).

2.3.4.5. Determinación de las reservas de carbono total en los diferentes sistemas

En la presente evaluación se aplicaron los siguientes procedimientos:

Primero: Cuantificación de la cantidad de biomasa seca que contiene un árbol de aliso, pino, ciprés y pona, utilizándose el método indirecto, mediante ecuaciones alométricas de estudios de la misma especie, que consideran las medidas de diámetro a altura del pecho y altura de fuste, la misma que se describe en la Tabla 5.

Tabla 5. Modelos alométricos de diferentes especies forestales.

Especie	Modelo alométrico	Autores
Aliso	$C = -22,695 + 1,5085 * DAP$	(Fluker & Sánchez, 2016)
Pino	$BS = 0,6575 * DAP^{1,1794}$	(Oliva et al., 2017)
Ciprés	$C = 0,2639 * DAP^{1,7698}$	(Bolaños et al., 2016)
Pona	$BS = 0,0080 * DAP^{2,8449} * \text{Altura de Fuste}^{0,4620}$	(Maicelo, 2012)

* BS= Biomasa seca C= Carbono

Segundo: Biomasa herbácea: Se realizó tomando en consideración la siguiente ecuación propuesto por Gorbitz (2011).

$$BH \text{ (Tm/ha)} = ((PSM/PFM) * PFT) * 0,01$$

Donde:

BH = Biomasa herbácea (Tm/ha).

PSM = Peso seco de la muestra colectada (gr).

PFM = Peso fresco de la muestra colectada (gr).

PFT = Peso fresco total por metro cuadrado (gr/m²).

0,01 = Factor de conversión.

Tercero: Biomasa de hojarasca: Se realizó tomando en consideración la siguiente ecuación (Gorbitz, 2011; Epiquin, Roman, Chichipe, & Arce, 2018):

$$Bh \text{ (Tm/ha)} = ((PSM/PFM) * PFT) * 0,04$$

Donde:

Bh = Biomasa de la hojarasca (Tm/ha).

PSM = Peso seco de la muestra colectada (gr).

PFM = Peso fresco de la muestra colectada (gr).

PFT = Peso fresco total por metro cuadrado (gr/m²).

0,004 = Factor de conversión.

Cuarto: Biomasa vegetal total: Se realizó tomando en consideración la siguiente ecuación (Gorbitz, 2011; Epiquin et al., 2018):

$$\text{BVT (Tm/ha)} = \text{BA} + \text{BH} + \text{Bh}$$

Donde:

BVT = Biomasa vegetal total (Tm/ha).

BA = Biomasa arbórea.

BH = Biomasa herbácea.

Bh = Biomasa de hojarasca.

Quinto: Carbono en la biomasa vegetal: Se realizó la evaluación tomando en consideración la siguiente ecuación (Gorbitz, 2011; Epiquin et al., 2018):

$$\text{CBV (Tm/ha)} = \text{BVT} * 0,4270^{++}$$

Donde:

CB = Carbono en la biomasa vegetal.

BVT = Biomasa vegetal total.

⁺⁺0,4270 = Fracción de carbono Aliso (Fluker & Sánchez, 2016).

0,4270 = Fracción de carbono Pino (Oliva et al., 2017).

0,5000 = Fracción de carbono Ciprés (Bolaños et al., 2016).

0,5674 = Fracción de carbono Pona (Maicelo, 2012).

Sexto: Carbono orgánico en el suelo. El carbono que almacena cada sistema se calculó por hectárea, mediante la siguiente ecuación (Epiquin et al., 2018; Matadanas, 2010; Chichipe & Esparra, 2015):

$$\text{Ws} = \text{a} * \text{p} * \text{da}$$

Donde:

Ws = peso del suelo (Tm/ha)

a = área (ha)

p = profundidad (m)

da = densidad aparente del suelo (kg/m³)

Luego:

$$\text{CO (Tm/ha)} = W_s * \% \text{CO}$$

Donde:

CO = Carbono orgánico (Tm/ha)

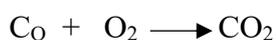
Ws= peso del suelo calculado (Tm/ha)

CO = Carbono calculado en laboratorio (%)

Séptimo: Conversión del carbono orgánico (C_o) a dióxido de carbono (CO₂):

Luego de haber calculado la cantidad de carbono orgánico que almacena cada sistema, se convirtió el carbono orgánico a moléculas equivalentes de CO₂, utilizándose el siguiente factor de corrección 3,666, tomado de Maicelo (2014); Epiquin et al. (2018):

$$\text{Factor de conversión} = \frac{44}{12} = 3,66$$



12 32 44: Peso molecular

$$\frac{\text{TmCO}_2}{\text{ha}} = \frac{\text{Tm C}_o}{\text{ha}} \times \frac{44 \text{ Tm CO}_2}{12 \text{ Tm C}_o}$$

Cálculo de CO₂

$$\text{CO}_2 (\text{Tm/ha}) = \text{FC} \times \text{CO}$$

Donde:

FC = Factor de conversión

CO = Carbono orgánico almacenado (Tm/ha)

2.3.4.6. Determinación de la eficiencia de los sistemas silvopastoriles

La eficiencia de los sistemas silvopastoriles en su estimación y cálculo se ha considerado la suma de diferentes aspectos que intervienen en el sistema, como la retención de carbono, biomasa vegetal, dióxido de carbono, contenido del suelo (materia orgánica y carbono orgánico) y el contenido nutricional del forraje (proteína, fibra cruda y fibra de detergente neutro), sistemas donde existe una combinación de especies arbóreas que interactúan con las especies herbáceas

naturales o cultivadas, bajo un sistema de manejo integral, que permitirá conocer los beneficios ambientales para el desarrollo de una ganadería sostenible, comparado con un sistema libre sin árboles.

En la Figura 9, se muestra la concentración de nutrientes y carbono en un sistema silvopastoril con sus principales componentes (árbol, pasturas y suelo) donde la principal acción que realizan las plantas es la fotosíntesis, mostrando una mayor productividad primaria neta como consecuencia del incremento en la captación de luz, mayor reciclaje de nutrientes y mayor eficiencia en el uso de los recursos para retención de carbono atmosférico, biomasa y nutrientes que se generan en el sistema, permitiendo conocer las entradas y salidas del sistema (Frey, 2015) como potencial de acumulación de carbono, para brindar servicios ambientales a fin de mitigar el efecto de las emisiones globales de dióxido de carbono (Hua et al., 2014).

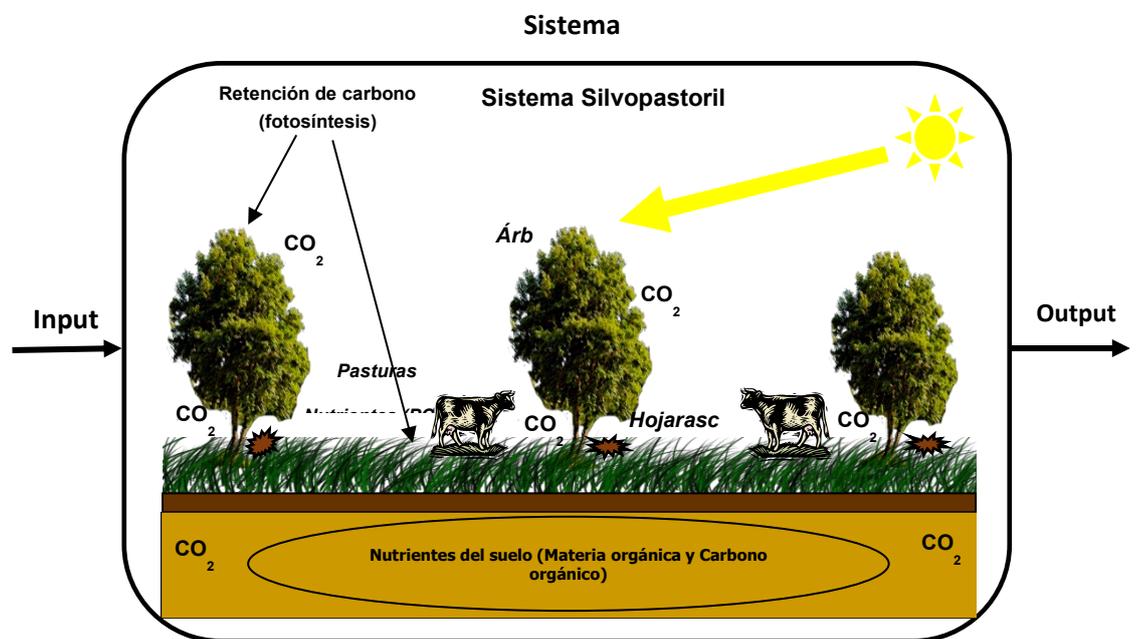


Figura 9. Diagrama de concentración de nutrientes y carbono en un sistema silvopastoril

Para estimar los aportes que se generan en el sistema y determinar su eficiencia se estableció la siguiente fórmula:

$$E_{SSP} \text{ (Tm/ha)} = R_{ct} + B_{vt} + CO_2 + C_{nf} + C_{ns}$$

E_{SSP} : Eficiencia de los sistemas silvopastoriles (Tm/ha)

R_{ct} : Retención de carbono total (Tm/ha)

B_{vt} : Biomasa vegetal total (Tm/ha)

CO₂: Dióxido de carbono total (Tm/ha)

Cnf: Concentración de nutrientes en los forrajes (Tm/ha)

Cns: Concentración de nutrientes en el suelo (Tm/ha)

$$\mathbf{Rct (Tm/ha) = Ca + Ch + Cher + Cs}$$

Rct: Retención de carbono total (Tm/ha)

Ca: Carbono arbóreo (Tm/ha)

Ch: Carbono en la hojarasca (Tm/ha)

Cher: Carbono en la herbácea (Tm/ha)

Cs: Carbono en el suelo (Tm/ha)

$$\mathbf{Bvt (Tm/ha) = Ba + Bh + BH}$$

Bvt: Biomasa vegetal total (Tm/ha)

Ba: Biomasa arbórea (Tm/ha)

Bh: Biomasa hojarasca (Tm/ha)

BH: Biomasa herbácea (Tm/ha)

$$\mathbf{CO_2 (Tm/ha) = CO_{2a} + CO_{2h} + CO_{2her} + CO_{2s}}$$

CO₂: Dióxido de carbono (Tm/ha)

CO_{2a}= CO₂ en el árbol (Tm/ha)

CO_{2h}= CO₂ en la hojarasca (Tm/ha)

CO_{2her}= CO₂ en la herbácea (Tm/ha)

CO_{2s}= CO₂ en el suelo (Tm/ha)

$$\mathbf{Cnf (Tm/ha) = Cp + Fc + Fdn}$$

Cnf: Concentración de nutrientes en los forrajes (Tm/ha)

Cp: Contenido de proteína (Tm/ha)

Fc: Contenido de fibra cruda (Tm/ha)

Fdn: Contenido de fibra de detergente neutro (Tm/ha)

$$\mathbf{Cns (Tm/ha) = Mo + Co}$$

Cns: Concentración de nutrientes en el suelo (Tm/ha)

Mo: Contenido de materia orgánica (Tm/ha)

Co: Contenido de carbono orgánico (Tm/ha)

2.3.5. Metodología del análisis estadístico

a) Caracterizar los principales sistemas silvopastoriles

Los indicadores obtenidos con el levantamiento de encuestas, fueron procesadas usando una matriz de operacionalización de variables y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, utilizando software especializado como el SPSS V. 20,0, que permitió hacer una comparación porcentual, además de conocer e identificar los SSP prevalentes de los sistemas de producción.

Donde el modelo matemático, utilizado es el siguiente:

Se construirá ejes discriminantes como combinación lineal de las variables:

$$X_k \text{ como: } F_k = l_{k1}X_1 + l_{k2}X_2 + \dots + l_{kp}X_p$$

Dónde:

F_k : Se denominan factores comunes o ejes discriminantes y

l_{kp} : Se denominan saturaciones o pesos.

b) Caracterización de los productores que manejan sistemas silvopastoriles

Con la obtención de la información recopilada en las encuestas se obtuvieron variables de naturaleza cuantitativas y cualitativas, para la caracterización de los sistemas silvopastoriles en la cuenca ganadera de Molinopampa, estas fueron analizadas mediante una metodología de análisis multivariado.

El análisis estadístico consistió en la aplicación de la estadística multivariada exploratoria. Las variables fueron agrupadas y se analizaron mediante el análisis de componentes principales (Rocha-Rodríguez, Mora-Delgado, & Romero-Vargas, 2016). La definición de grupos se realizó mediante un análisis de conglomerados, aplicando el método de Ward con una distancia de Gower y como técnica de agrupación el método de K-means. El software empleado fue el infoStat V. 2018p.

El Análisis de Conglomerados (AC) es una herramienta eficaz para organizar información multivariada e identificar grupos de elementos similares entre sí. Estos grupos son los que normalmente se denominan taxonomías o tipologías. Este método permite simplificar una gran cantidad de información, difícil de

comprender debido a su vastedad. Esta información es la que, en lugar de describir a cada uno de los individuos originales, describe los conglomerados en los que cada individuo de la población puede ser clasificado. Los conglomerados deben ser contruidos en forma tal de ser lo más homogéneos posibles, y en un número significativamente inferior al número de productores encuestados (González, 2007). Existe una gran variedad de métodos alternativos para la aplicación de un análisis de conglomerados, pero en general, todos precisan de la definición de medidas de distancia o disimilitudes para comparar entre individuos y entre grupos de individuos. En general estas distancias son evaluadas utilizando algún tipo de coordenadas que proporcione a cada individuo una ubicación en un espacio matemático (Betancourt, Ibrahim, Vargas, & Villanueva, 2005). Para el presente estudio dichas coordenadas fueron tomadas desde los espacios generados por el análisis de componentes principales.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica generalmente utilizada para reducir la cantidad de variables. Además, se construyen ejes artificiales (componentes principales) que permiten obtener gráficos de dispersión de observaciones y/o variables con propiedades óptimas para la interpretación de la variabilidad y covariabilidad subyacente (Balzarini et al., 2008). La representación tradicional de este análisis es un gráfico bidimensional, llamado primer plano factorial, de los dos componentes principales que capturan la mayor proporción de la variabilidad presente en la muestra. Las variables originales aparecen como vectores cuya proyección sobre cada eje ortogonal representa la influencia de la variable respectiva sobre el correspondiente componente principal. El coseno del ángulo formado entre los vectores de las variables originales es una medida directa de la correlación entre dichas variables. Si el ángulo es próximo a cero, la correlación es estrecha y positiva; si el ángulo es próximo a 180° la correlación es también estrecha pero negativa; finalmente, si el ángulo es cercano a 90° , las variables están escasamente relacionadas (Betancourt et al., 2005).

c) Caracterización del crecimiento, rendimiento, composición florística y nutricional de las pasturas en diferentes sistemas

Una vez realizada la identificación de los sistemas, se efectuó la caracterización de los componentes del sistema silvopastoril en dos épocas del año, para la comparación entre cada sistema: El SSP (1) aliso, SSP (2) pino, SSP (3) ciprés, SSP (4) pona y sistema sin árboles SSA (5). Debido a que los sistemas silvopastoriles evaluados fueron medidos en dos épocas y a objeto de determinar el comportamiento de los sistemas y las épocas, y la acción conjunta de estos factores, se procedió a la aplicación de un análisis de varianza bajo un diseño de tratamientos en arreglos factoriales que permite la detección de diferencias significativas o altamente significativas entre los niveles de los factores y evidenciar si estos son independientes o dependientes con respecto a las variables respuesta en estudio.

Para lo cual se aplicó un análisis de varianza ANOVA con arreglo factorial, en el cual los tratamientos fueron dados por las combinaciones entre 05 sistemas y 02 épocas del año, haciendo un total de 10 tratamientos. Luego se evaluó el efecto del sistema, época y la interacción entre sistema y época, en el caso que se evidencien diferencias significativas, en los factores evaluados, se realizó una prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha \leq 0,05$) para cada variable respuesta a evaluar (Tukey, 1977). Los datos se analizaron mediante el programa estadístico Statistix V. 10,0.

Teniendo como modelo matemático el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha * \beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

$$i = 1, \dots, a; j = 1, \dots, b; k = 1, \dots, c$$

y_{ijk} = Variable respuesta

μ = Es la media general

α_i = Efecto del factor sistema

β_j = Efecto de la época del año

$(\alpha * \beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción sistema x época del año

ε_{ijk} = Error experimental

Pruebas de hipótesis

Las hipótesis planteadas serán las siguientes

Para el factor sistema $\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{Efecto del Sistema } (\alpha) = 0 \\ H_a: \text{Efecto del Sistema } (\alpha) \neq 0 \end{array} \right.$

Para el factor época $\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{Efecto de la época } (\beta) = 0 \\ H_a: \text{Efecto de la época } (\beta) \neq 0 \end{array} \right.$

Para interacción Sistema*Época ($\alpha*\beta$) $\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{Efecto de interacc. sistema*Época} = 0 \\ H_a: \text{Efecto de interacc. sistema*Época} \neq 0 \end{array} \right.$

Donde el análisis de varianza fue el siguiente:

Tabla 6. Análisis de varianza para evaluar los sistemas

Fuentes de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Valor - p
Tratamientos	9	SC _T	CM _T	CM _T / CM _E	P(F > F ^T ₀)
SSP	4	SC _S	CM _S	CM _S / CM _E	P(F > F ^S ₀)
Época	1	SC _E	CM _E	CM _E / CM _E	P(F > F ^E ₀)
SSP*Época	4	SC _{SE}	CM _{SE}	CM _{SE} / CM _E	P(F > F ^{SE} ₀)
Error	20	SC _E	CM _E		
Total	29	SC _T			

d) Evaluación de reservas de carbono

En el caso de la variable captura de carbono, la variable respuesta se midió en una sola época, razón por la cual el factor época no fue considerado como fuente de variación en el análisis de varianza ANOVA; para la comparación de los sistemas con respecto a la retención de carbono se tomaron 4 muestras de cada uno de los sistemas y fueron comparadas asumiendo la estructura de muestras independientes, siguiendo las pautas de un análisis de varianza para determinar si los sistemas tienen el mismo comportamiento con respecto a la retención de carbono.

Estableciéndose un Diseño Completamente al Azar (DCA), siendo necesario aumentar una observación por sistema, es decir cuatro observaciones por sistema,

que garantice los grados de libertad del error experimental suficiente para que el análisis de varianza funcione con la robustez y potencia adecuada, y en consecuencia no se midió el efecto de la interacción SSP * Época, solo se evaluó el efecto del sistema. Si el factor sistema resulta significativo, esto indica la existencia de diferencia entre los sistemas evaluados, con respecto a la variable captura de carbono, lo cual amerita la aplicación de una prueba de comparaciones múltiples, específicamente la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0,05$) la cual permitió discriminar los sistemas de acuerdo a sus medias y la identificación de sistemas con comportamiento similar si existiera.

Donde el modelo matemático fue el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, \dots, a; j = 1, \dots, b$$

y_{ij} = Variable respuesta

μ = Es la media general

α_i = Efecto del factor sistema

ε_{ij} = Error experimental

Hipótesis:

$$\text{Para el factor sistema } \begin{cases} H_0: \text{Efecto del Sistema } (\alpha) = 0 \\ H_a: \text{Efecto del Sistema } (\alpha) \neq 0 \end{cases}$$

Donde el esquema del análisis de varianza será el siguiente:

Tabla 7. Análisis de varianza para captura de carbono

Fuentes de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Sistema	4	$\sum_{i=t}^i \frac{Y_i^2}{r} - \frac{Y_i^2}{tr}$	CM_S/GL_S	CM_S/CM_E
Error	15	SC. Total - SC. Sistema	CM_E/GL_E	
Total	19	$\sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^i Y_{ij}^2$		

El procedimiento para el análisis estadístico, fue de acuerdo a los siguientes pasos:

1°. Para analizar la encuesta de identificación de SSP se realizó un análisis descriptivo, que permitió una comparación porcentual de los resultados, mediante el software estadístico SPSS V. 20,0, que permitió explicar y conocer las características de manejo de los sistemas silvopastoriles que vienen realizando los productores, para lo cual se tomaron en consideración 30 variables, aplicado a 130 hatos ganaderos.

2°. Para el análisis multivariado se utilizó la base de datos de las encuestas aplicadas en campo, procediéndose a realizar un análisis de conglomerado y análisis de los componentes principales, utilizando en software estadístico de InfoStat V. 2018p.

3°. Para la caracterización de los sistemas, se analizaron mediante el programa estadístico Statistix V. 10,0. Realizándose un análisis de varianza para datos provenientes de mediciones repetidas en el tiempo, en el cual se evaluaron los efectos principales, sistemas y épocas y la acción conjunta del sistema y época a objeto de precisar la independencia o dependencia entre los factores en estudio. En el caso de detección de diferencias significativas y altamente significativas de los sistemas y épocas se procedió a la realización de una prueba de comparaciones múltiples específicamente de Tukey, con el propósito de determinar el sistema y la época de mejor comportamiento.

4°. Para el análisis de carbono total, se analizaron mediante el programa estadístico Statistix V. 10,0, con la finalidad de evaluar las diferencias significativas entre sistemas. Si el factor sistema resulta significativo se realizará la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

5°. Para determinar la eficiencia de los sistemas silvopastoriles se estableció fórmulas que permite cuantificar cada nutriente o carbono retenido en cada sistema, dando como resultado la acumulación total que realiza el sistema.

III. RESULTADOS

3.1. Caracterización de los principales SSP prevalentes en la cuenca ganadera de Molinopampa

3.1.1. Información general del predio

3.1.1.1. Actividad principal. La Figura 10, indica que la población encuestada tiene como actividad principal a la ganadería representado con un porcentaje acumulado de 70%, seguido de la agricultura y otras actividades como el comercio con 2,3% y la construcción con 0,8%.

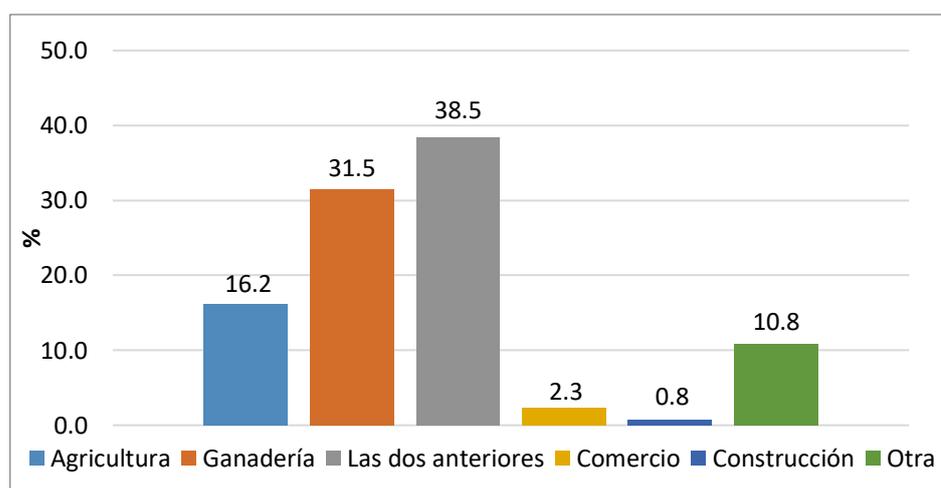


Figura 10. Actividad principal que desarrollan los productores de Molinopampa.

3.1.1.2. Tenencia de tierras. La Figura 11, indica que el 84,6% de los productores poseen tierras que son de su propiedad, el 10 % son posesionarios, el 3,1% son tierras arrendadas, el 1,5% son de sus familiares y solo el 0,8% poseen tierras de la comunidad.

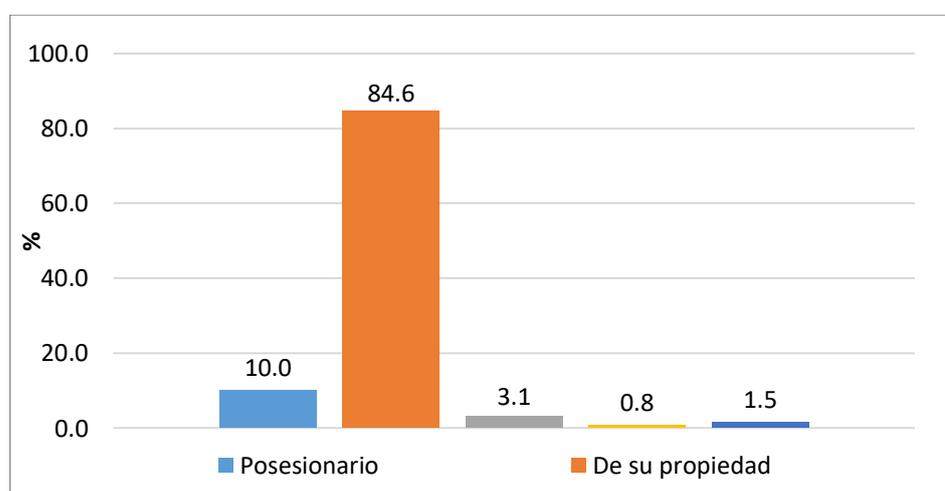


Figura 11. Condición de tenencia de tierras en Molinopampa.

3.1.1.3. Conocimiento y asistencia técnica en sistemas silvopastoriles. En la Figura 12, indica que el 53,1% de los productores encuestados no conocen ni reciben asistencia técnica sobre la presencia de sistemas silvopastoriles y el 46,9% y no recibe capacitación y asistencia técnica, desconociendo el manejo que debe realizar a los SSP.

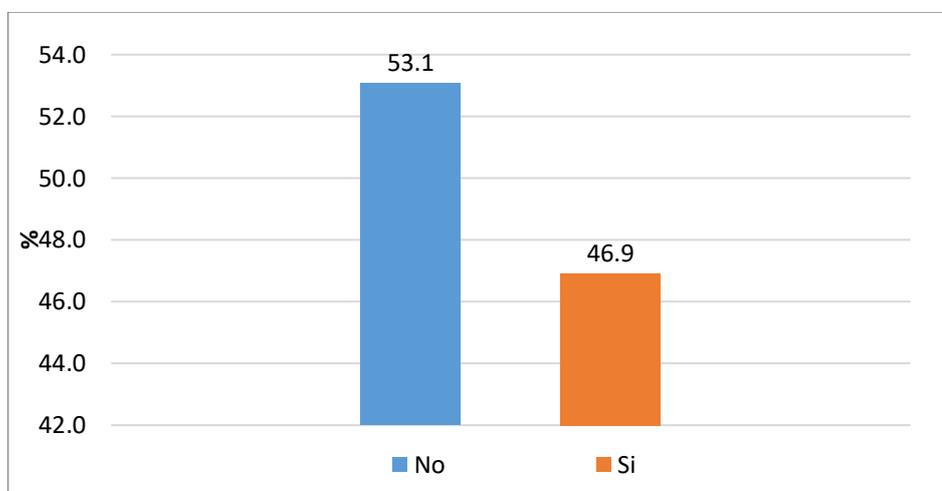


Figura 12. Conocimiento sobre sistemas silvopastoriles en Molinopampa.

3.1.2. Tamaño del predio

3.1.2.1. Área del predio. La Figura 13, indica que el mayor porcentaje de productores (60,7%) posee menos de 10 hectáreas, siendo los productores con un área de 6 a 10 ha las que representan un mayor porcentaje (25,4) y los productores que poseen más de 30 ha son el 10,8%; áreas que sirven para la crianza de ganado vacuno y manejo de sistemas agroforestales.

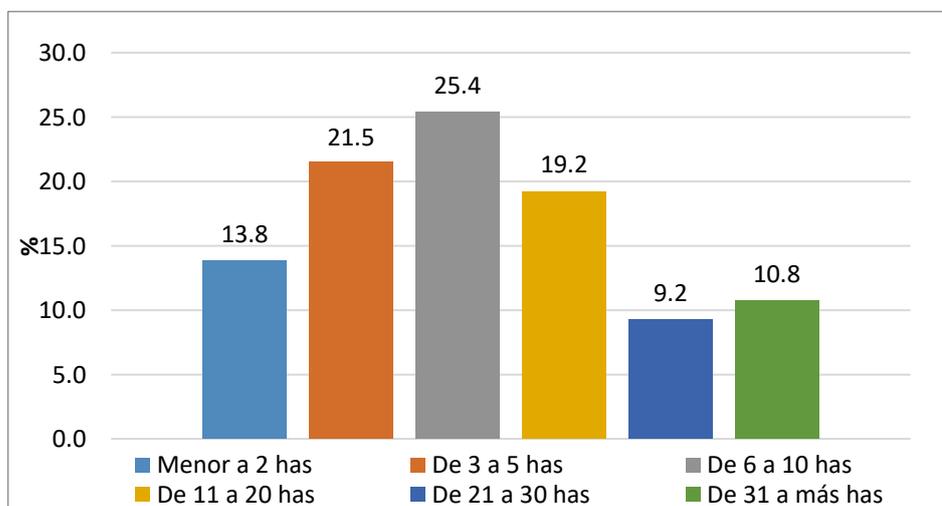


Figura 13. Área total de terreno que posee los productores de Molinopampa.

3.1.2.2. Área que posee el SSP. La Figura 14, indica que la mayor cantidad de productores (55,4% acumulado) posee menos de 1 ha en el SSP, seguido por un 17,7% que posee de 1 a 2 ha y 18,5 posee de 2 a 5 ha.

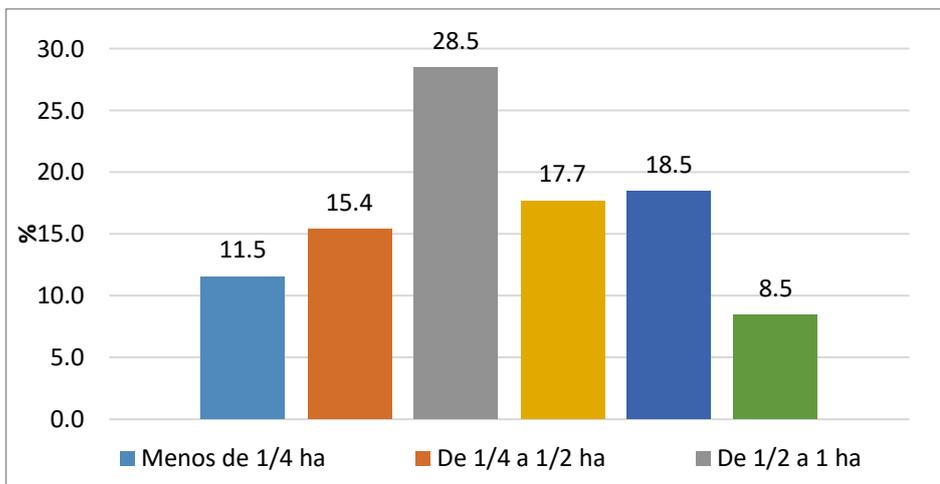


Figura 14. Área que posee el sistema silvopastoril en Molinopampa.

3.1.2.3. Incremento de áreas del predio. La Figura 15, indica las actividades de manejo que realizan los productores para aumentar las áreas de terreno, teniendo como resultados que, un mayor porcentaje de 72,3% de los productores de esta cuenca no realizan la quema de bosque para ampliar sus áreas del predio, solamente un 27,7% si tala o quema bosques con el fin de aumentar sus áreas, deteriorando todo el bosque primario y la biodiversidad.

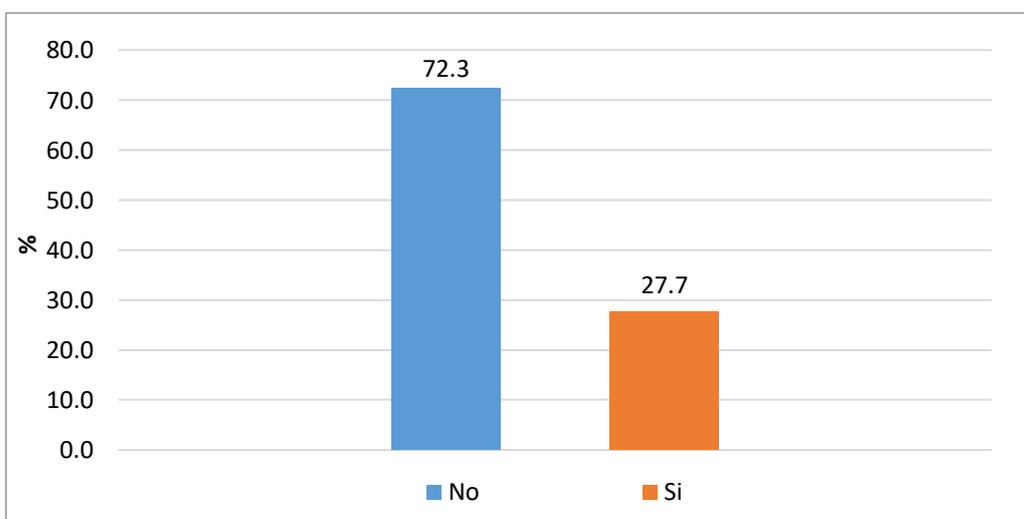


Figura 15. Tala y quema de bosques para aumentar las áreas de terreno en Molinopampa.

3.1.3. Tipo de arreglo del SSP

3.1.3.1. Especie de árbol plantado en el predio. La Figura 16, muestra que el 41,5% tiene su sistema establecido con aliso que corresponde a 53 parcelas, el 22,3% tiene con ciprés que corresponde a 29 parcelas, el 19,2% tiene con pona que corresponde a 25 parcelas, y el 16,9% sistema con pino que corresponde a 23 parcelas.

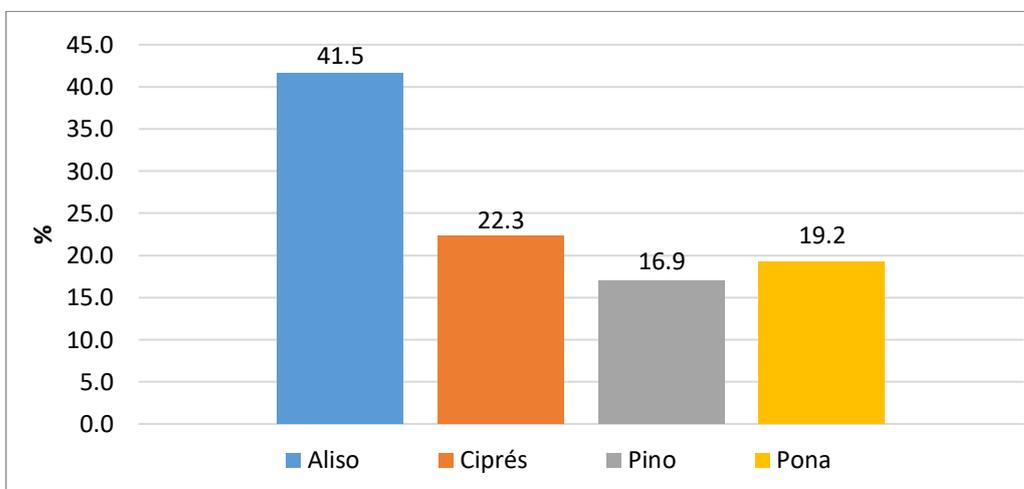


Figura 16. Especie de árbol plantado en el predio en Molinopampa.

3.1.3.2. Diseño del sistema silvopastoril. La Figura 17, indica que el 46,9% de productores encuestados tienen un SSP con un diseño de árboles dispersos en potreros, el 38,5% tienen en cercos vivos, y el 12,3% tiene en árboles en callejones, y 2,3% como cortina rompe vientos.

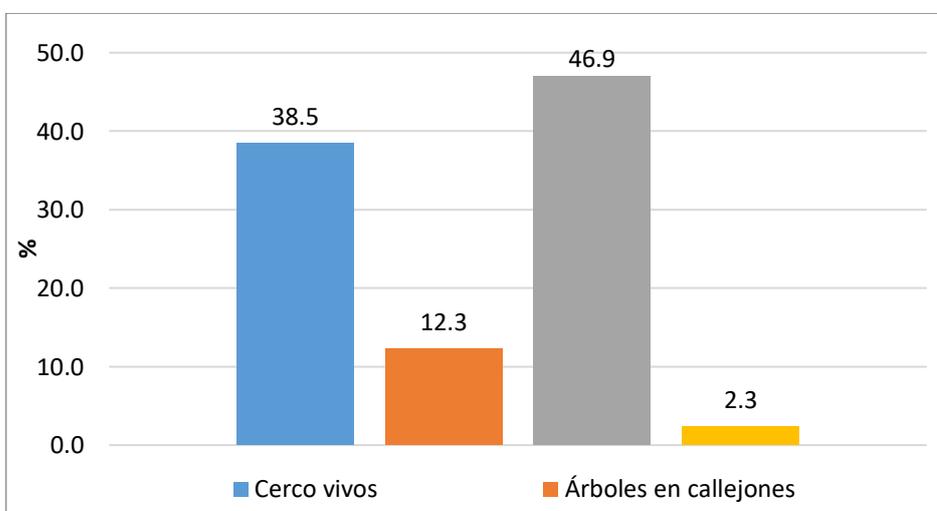


Figura 17. Diseño del sistema silvopastoril en Molinopampa.

3.1.3.3. Diseño del sistema silvopastoril con aliso. La Figura 18, indica que el 60,4% de productores tienen su SSP bajo un diseño de árboles dispersos en potreros, el 30,2% tienen en cercos vivos, y el 9,4% cuentan con árboles en callejones.

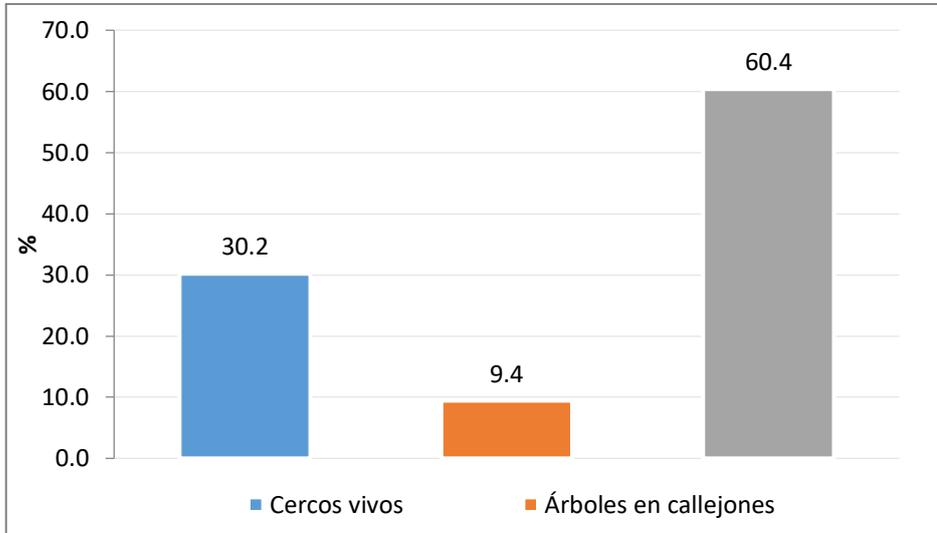


Figura 18. Diseño del sistema silvopastoril con aliso en Molinopampa.

3.1.3.4. Diseño del sistema silvopastoril con pino. La Figura 19, muestra que el 39,1% tienen su sistema bajo diseño de cercos vivos, el 34,8% árboles en callejones, y el 26,1% diseño de árboles dispersos en potreros.

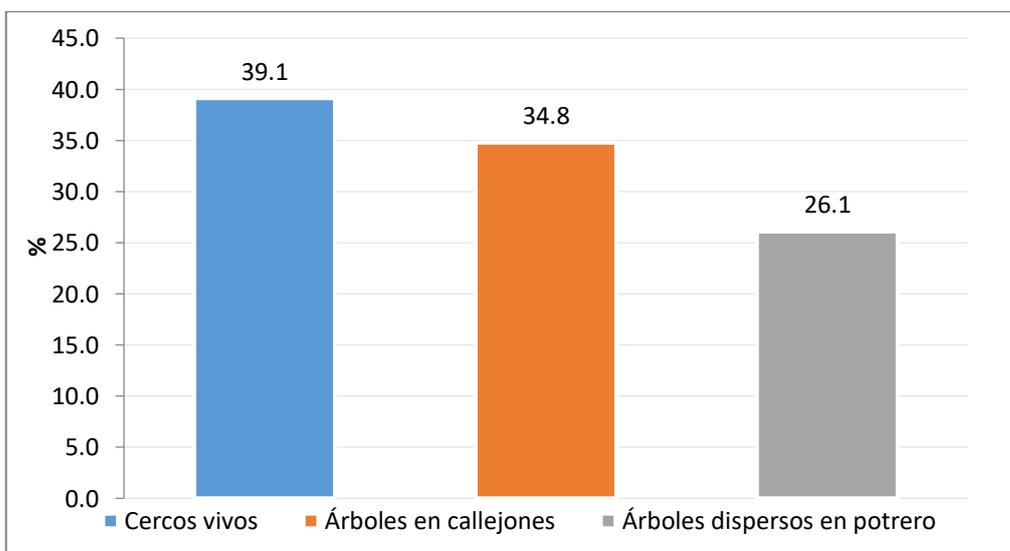


Figura 19. Diseño del sistema silvopastoril con pino en Molinopampa.

3.1.3.5. Diseño del sistema silvopastoril con ciprés. La Figura 20, muestra que el 86,2% tienen su sistema bajo el diseño de cercos vivos, el 10,3% lo tiene en forma de cortina rompeviento, y el 3,4% como árboles dispersos en potreros.

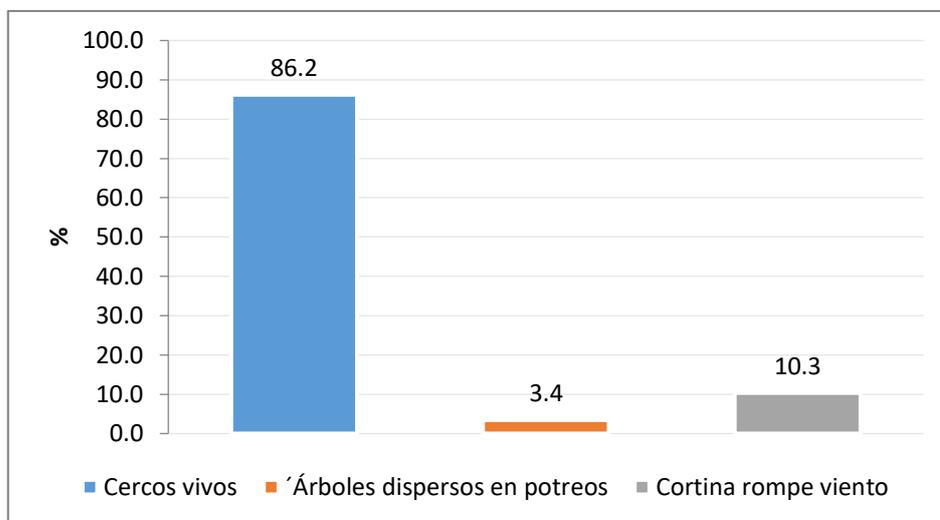


Figura 20. Diseño del sistema silvopastoril con ciprés en Molinopampa.

3.1.3.6. Diseño del sistema silvopastoril con pona. La Figura 21, indica que el 88% de los productores tiene su sistema silvopastoril bajo diseño de árboles dispersos en potreros, el 8% en árboles en callejones, y el 4% en cercos vivos.

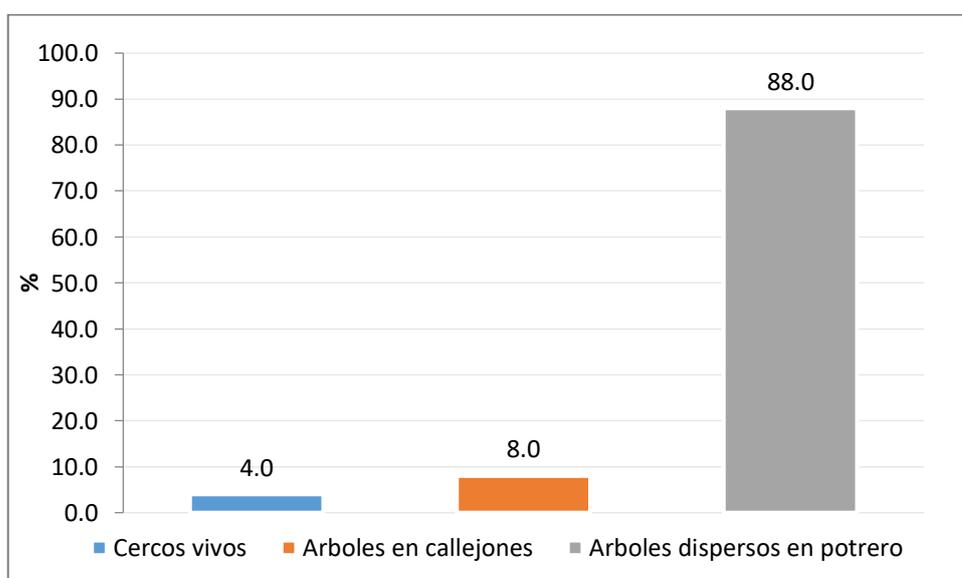


Figura 21. Diseño del sistema silvopastoril con pona en Molinopampa.

3.1.4. Tipo de asociación del SSP

3.1.4.1. Instalación del SSP. La Figura 22, muestra que el 69,2% de los productores fueron los que instalaron el sistema silvopastoril en su terreno, el 25,4% se estableció bajo un bosque natural, el 3,1% compraron el terreno con el sistema ya establecido y el 2,3% lo establecieron de otras maneras como cerco o división de potrero.

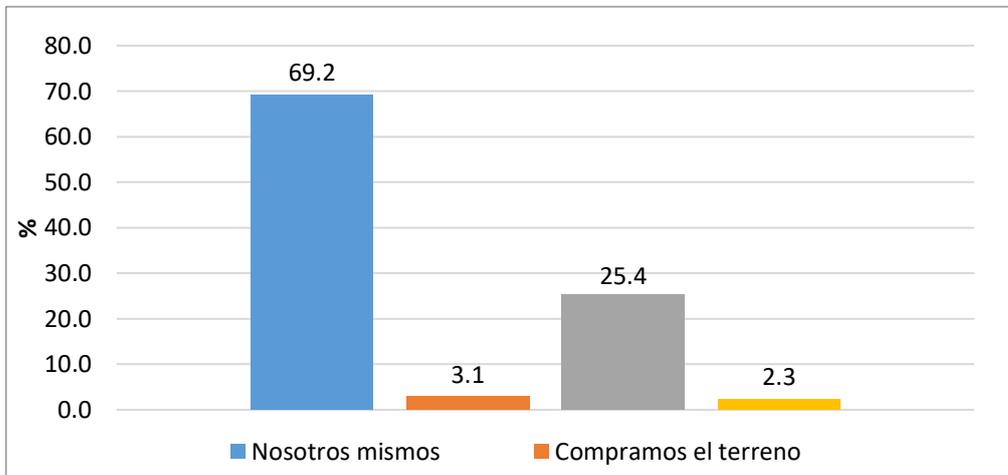


Figura 22. Instalación de SSP en el predio en Molinopampa.

3.1.4.2. Recibió apoyo para la siembra de árboles. La Figura 23, indica que solo el 13,8%, recibió apoyo para la siembra de árboles en el SSP, mientras que el 86,2% no recibió ningún apoyo.

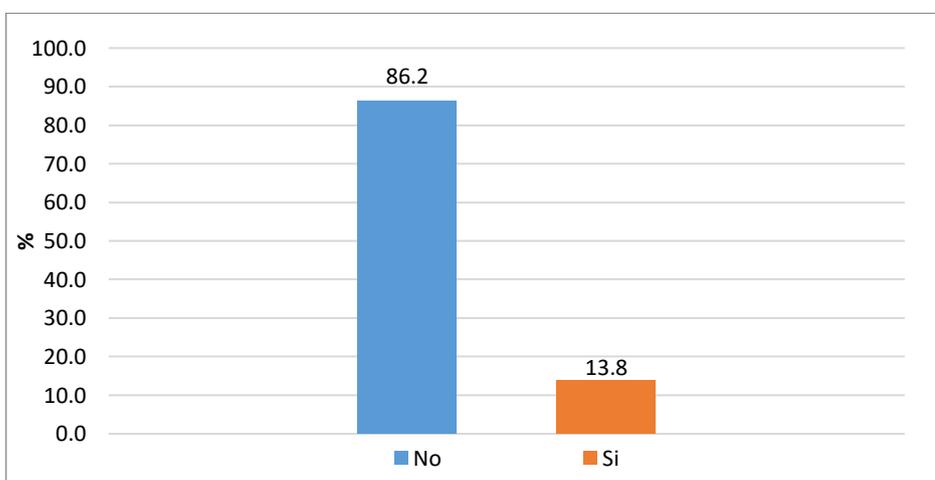


Figura 23. Recibió apoyo para la siembra de árboles en Molinopampa.

3.1.4.3. Propósito para la siembra de árboles. La Figura 24, indica que el 30,8% de la población sembró árboles con el fin de proteger sus animales, el 20,8% con el fin de obtener madera para construcción, el 20,8% para proteger la biodiversidad, el 16,2% para obtener madera para leña, el 4,6% para la protección del agua.

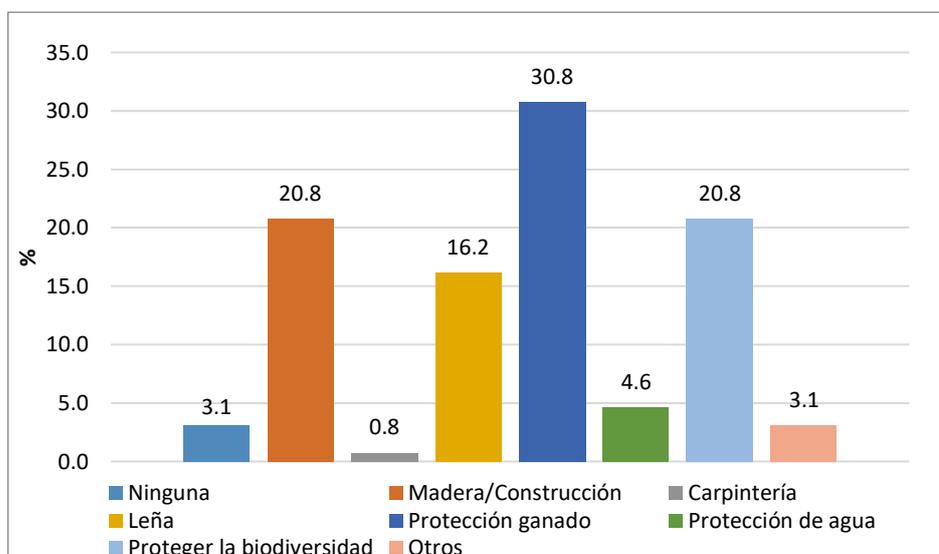


Figura 24. Propósito por el que ha realizado la siembra de árboles.

3.1.4.4. Cultivo de pasto de su predio. La Figura 25, indica que el 50,8% mantiene su predio con pasto natural, y el 49,2% con pasto cultivado que básicamente está compuesto por gramíneas y leguminosas mejoradas.

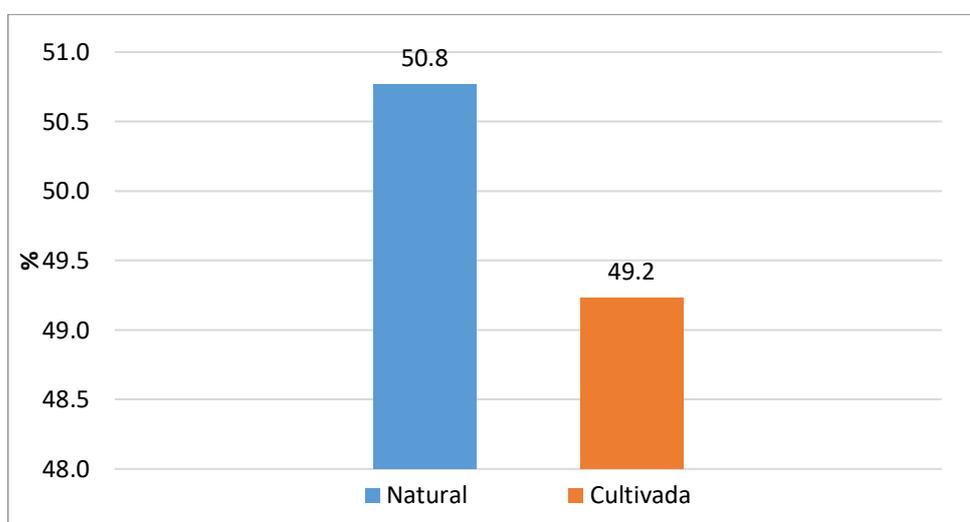


Figura 25. Cultivo de pasto que predomina en su predio.

3.1.4.5. Tipo de pasto que predomina en el predio. La Figura 26, indica que las pasturas que predominan son: 32,5% de predios con SSP están cubiertos por rye grass, el 24,6% pasto ovinillo, el 22,3% rye grass asociado con trébol y 6,2% pasto ovinillo + trébol.

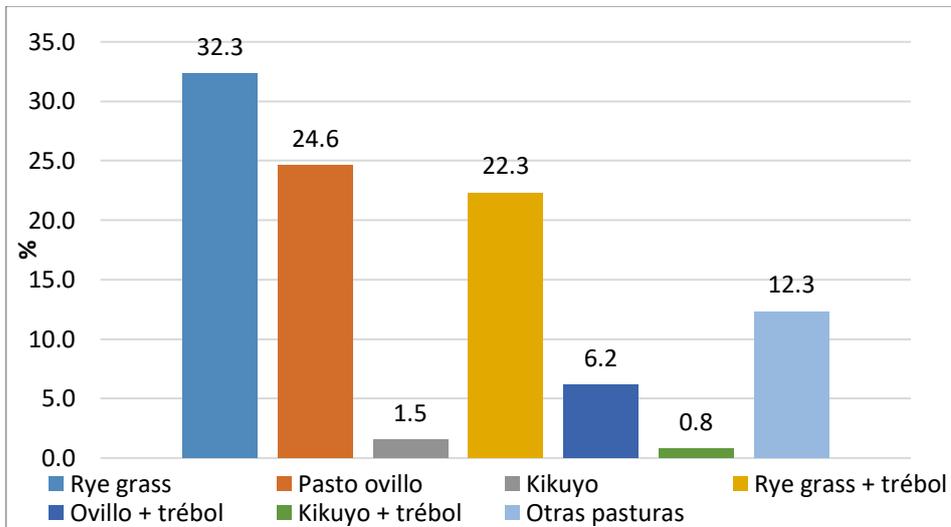


Figura 26. Tipo de pasto que predomina en el predio en Molinopampa.

3.1.5. Edad del sistema silvopastoril

3.1.5.1. Edad del sistema silvopastoril. La Figura 27, indica que 70,7% de los árboles establecidos en los SSP se encuentran en una edad de 1 a 10 años de establecido, el 23,1% tiene una edad 11 a 20 años y 4,6% mayores a 31 años.

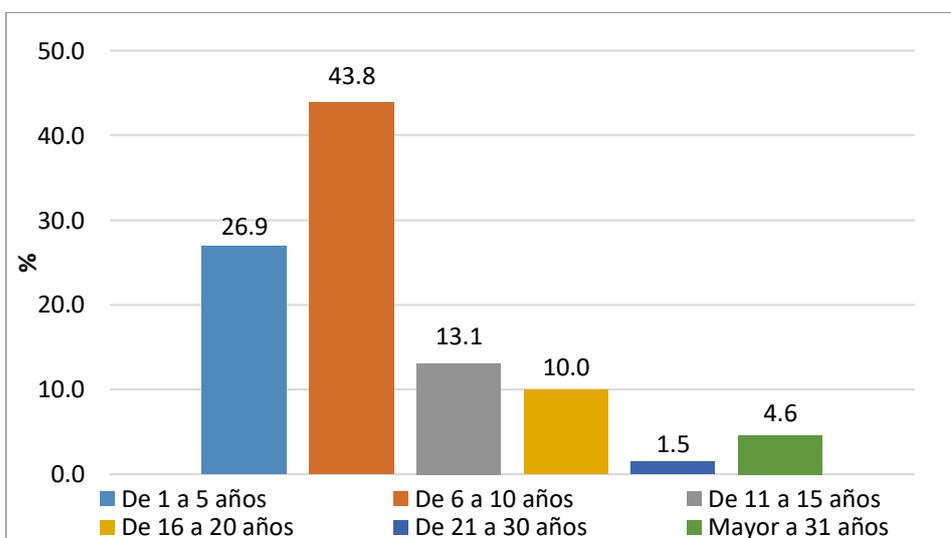


Figura 27. Edad de las especies de árboles en el sistema silvopastoril en Molinopampa.

3.1.5.2. Beneficio de los árboles en SSP. La Figura 28, indica que el 46,9% de la población manifestó que el tiempo aproximado para sacar beneficio de su sistema

silvopastoril es de 1 a 5 años considerando a las especies de aliso, ciprés y pino, el 16,2% de 6 a 10 años, el 14,6 mencionó que sería en un tiempo mayor a 31 años como la Pona.

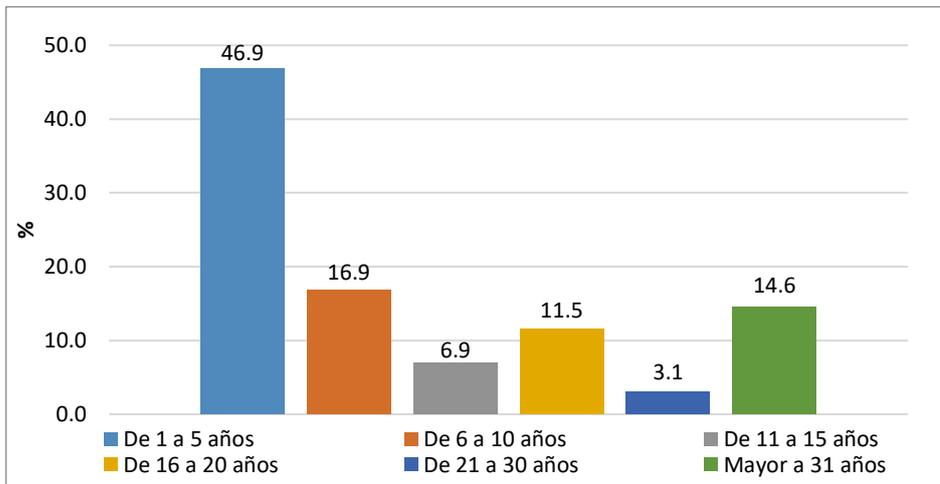


Figura 28. Tiempo aproximado para obtener beneficio de los árboles del SSP en Molinopampa.

3.1.6. Condición del suelo en el SSP.

3.1.6.1. Textura del suelo. La Figura 29, muestra la clase textural del suelo que predominan en los predios de los SSP, siendo esta en su mayor proporción franco que van desde el arenoso, arcilloso, hasta el limoso con un porcentaje acumulado del 65,4%.

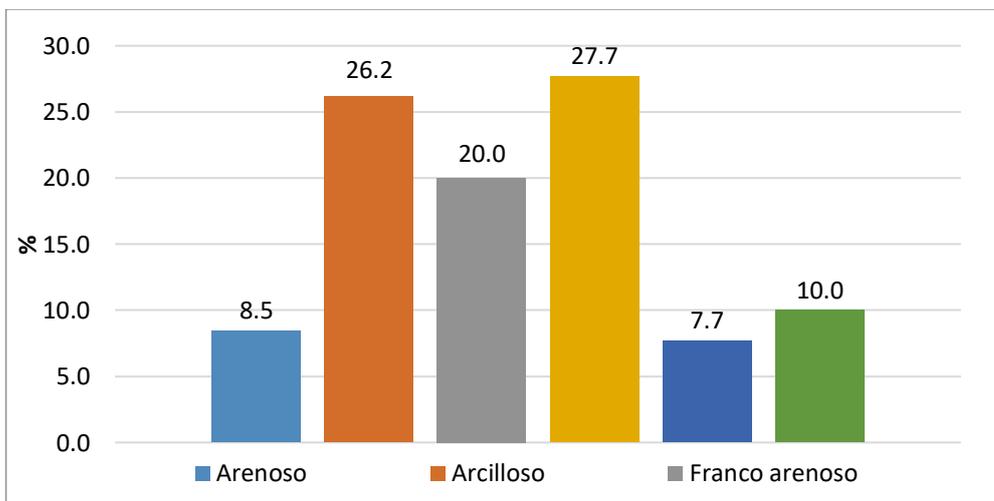


Figura 29. Textura del suelo del sistema silvopastoril en Molinopampa.

3.1.6.2. Color del suelo. La Figura 30, indica que el 53,1% de los terrenos presentan una coloración de negro y marrón oscuro, esto indica la presencia de materia orgánica en el suelo con un contenido de nutrientes adecuada para la siembra de pasturas; además

muestra que un 28,5% de los suelos es de color amarillo, rojo y plomo, que indica bajo contenido de materia orgánica y suelo ácido.

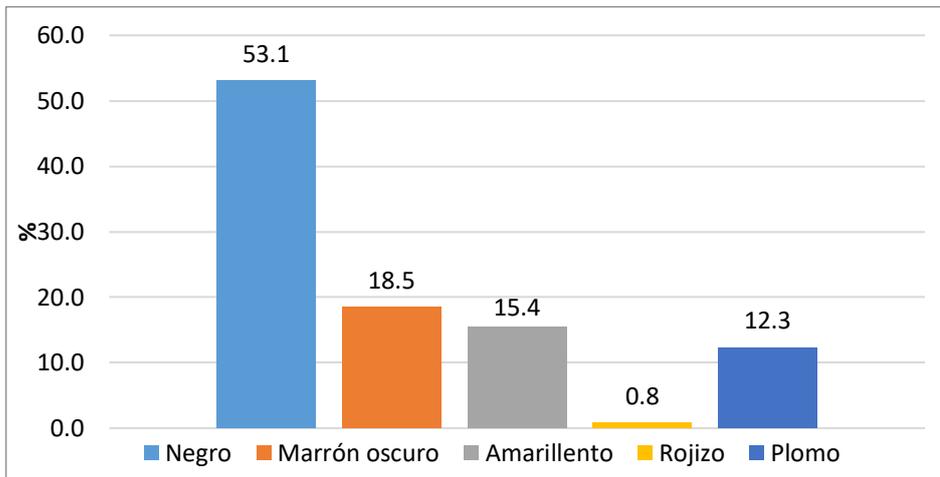


Figura 30. Color del suelo en Molinopampa.

3.1.6.3. Profundidad de capa arable. La Figura 31, indica, que la profundidad de la capa arable o trabajable según la respuesta de los productores es de 1 a 15 cm, representado por 43,8%, seguido de 16 a 30 cm con 43,8%, esta pregunta se relaciona con la anterior sobre la coloración del suelo, donde la profundidad se debe al alto contenido de materia orgánica, teniendo una mejor capa para trabajar y sembrar los cultivos (maíz, papa y frejol, etc.).

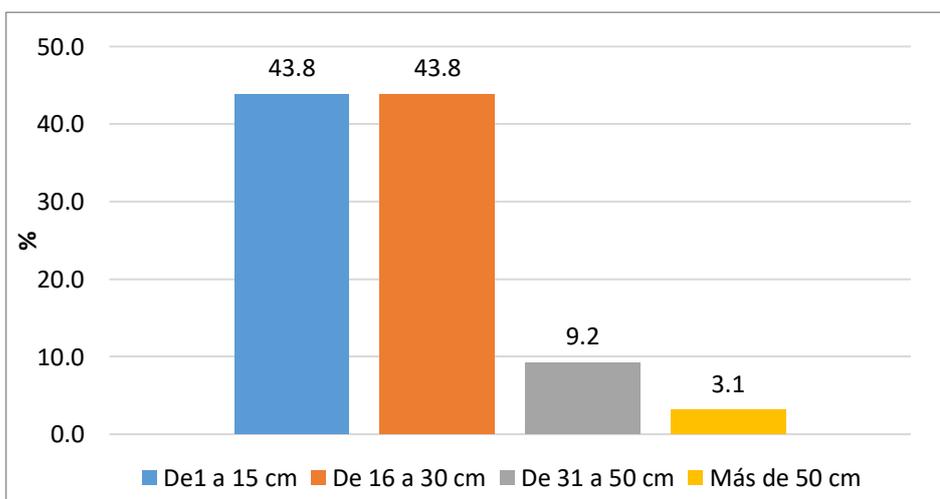


Figura 31. Profundidad de capa arable en suelos de Molinopampa.

3.1.6.4. Dureza del suelo. La Figura 32, indica el grado de dureza o trabajabilidad que tiene el suelo en los sistemas silvopastoriles, observando que, el 59,2% de los hatos se encuentran en estado compactado, esto posiblemente se debe a un mal manejo del suelo

(carga animal, sistema de pastoreo y tipo de pasto), además un 39,2% en encuentra en un estado suelto y trabajable adecuado para el crecimiento de los cultivos y el 1,5% en estado degradado sin cobertura vegetal.

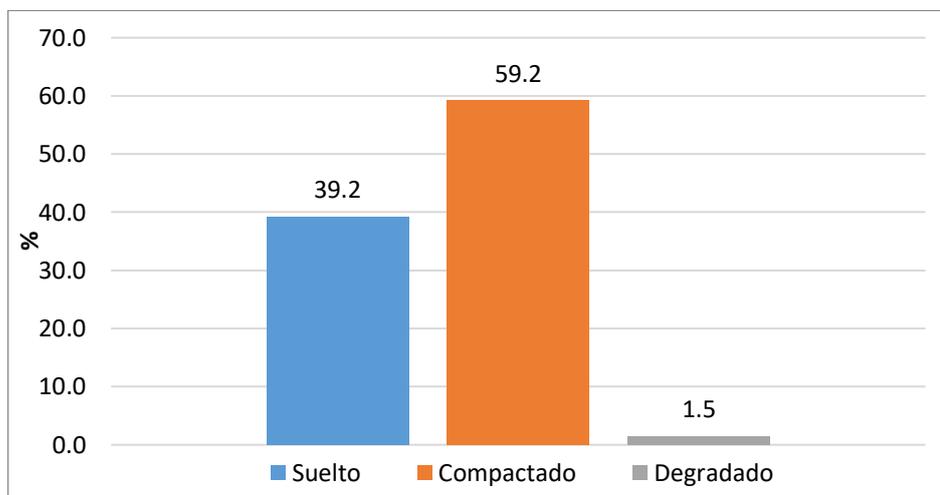


Figura 32. Condición de dureza o trabajabilidad del suelo en Molinopampa.

3.1.7. Manejo ganadero en el predio

3.1.7.1. Raza de ganado. La Figura 33, indica que la raza de ganado de mayor predominancia en la cuenca de Molinopampa es la raza Brown Swiss con 80,8%, seguido de la raza criolla 6,2%, Simmental 4,6% y Holstein 0,8%.

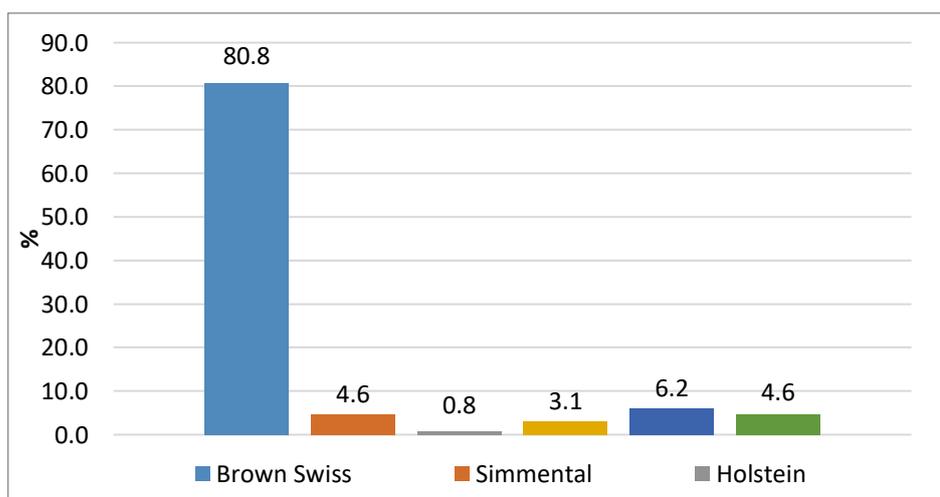


Figura 33. Razas de ganado en la cuenca de Molinopampa.

3.1.7.2. Ganado vacuno. La Figura 34, muestra el número de cabezas de ganado que posee el productor, donde el 57,7% tiene menos de 10 cabezas, seguido del 18,5% posee 11 a 20 cabezas y un 23,1% tienen una cantidad de 21 a 50 cabezas.

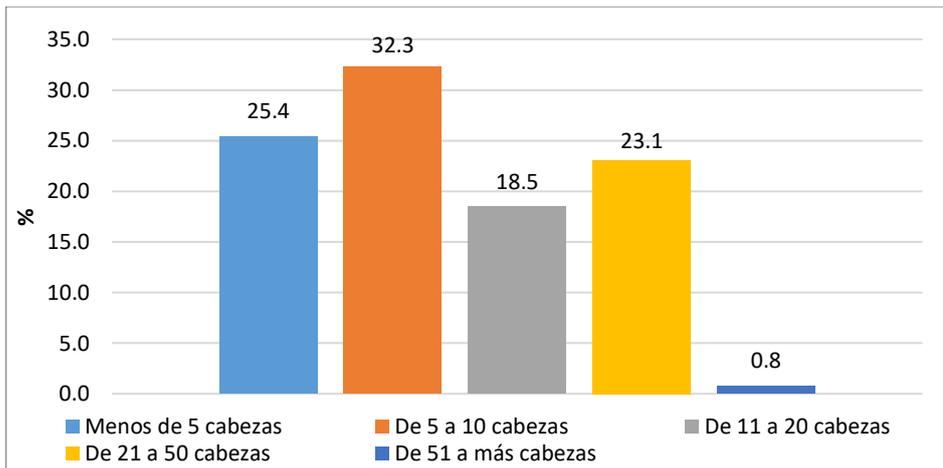


Figura 34. Número de cabezas de ganado en los predios ganaderos de Molinopampa.

3.1.7.3. Sistema de pastoreo. La Figura 35, indica que el 58,5% de la población utiliza un sistema de pastoreo con animales sueltos, seguido de un 27,7% realiza el pastoreo a estaca, y un 13,8% utiliza cerco eléctrico, estos resultados concuerda con lo descrito en dureza (3.1.6.4) sobre la compactación de los predios debido a un sistema de pastoreo suelto, no existiendo control y manejo de los animales para aprovechar adecuadamente la pastura.

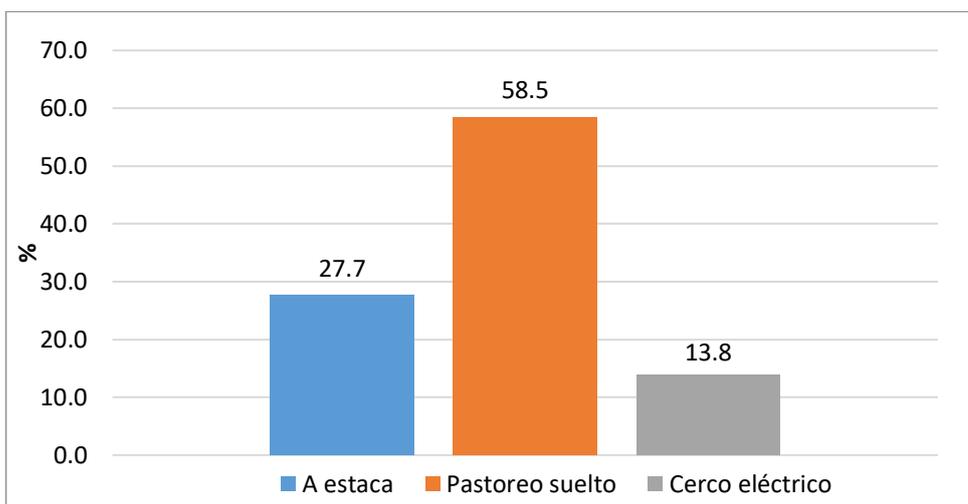


Figura 35. Sistema de pastoreo utilizado para la alimentación del ganado en Molinopampa.

3.1.7.4. Periodo de descanso de la pastura. La Figura 36, muestra el periodo (días) de descanso de la pastura que considera el productor, presentando un 48,5% quienes consideran de 61 a 90 días, seguido de 43,8% quienes permiten un descanso de 31 a 60

días, estos periodos dependiendo de las épocas de lluvia y seca se acortan o alargan debido a la disponibilidad de agua y al tipo de pasto en los predios.

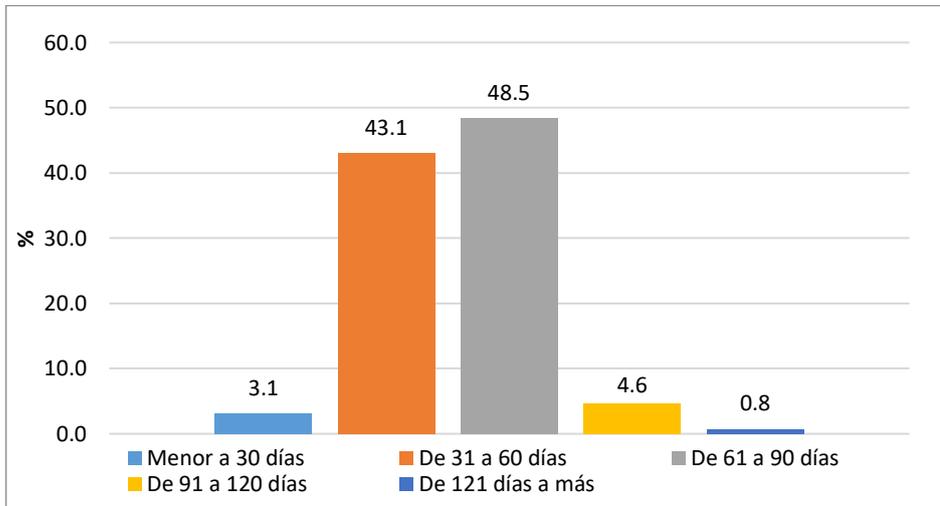


Figura 36. Periodo de descanso de la pastura para su pastoreo en Molinopampa.

3.1.7.5. Animales en producción. La Figura 37, muestra la distribución de animales en producción que manejan los productores, presentando un mayor porcentaje de 67,6% quienes tienen de 1 a 5 animales en producción de leche y un 26,5% tienen de 6 a 10 animales en producción.

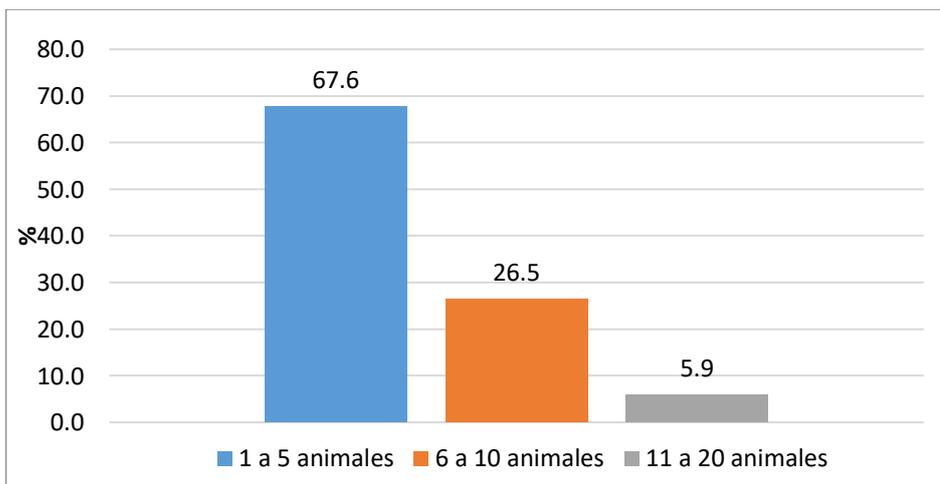


Figura 37. Número de animales en producción de leche en Molinopampa.

3.1.7.6. Producción de leche. La Figura 38, indica que el 44,7% de los productores tienen una producción de 1 y 20 lt/día, seguido de 30,1% producen entre 21 y 40 litros y una pequeña proporción de 25,3% producen de 41 a más de 80 litros, esto se debe a la calidad

genética y el tipo de pasto que maneja los productores, considerando además las condiciones de clima y suelo que tiene esta importante cuenca de Molinopampa.

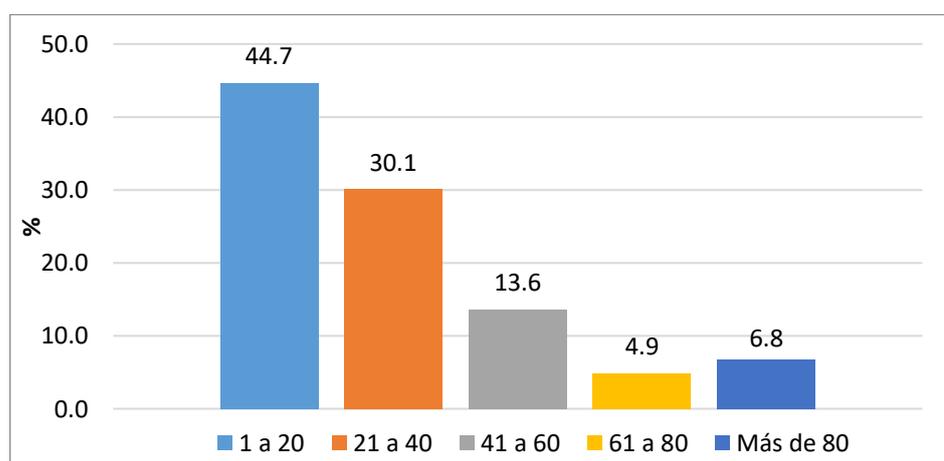


Figura 38. Producción diaria de leche en hatos ganaderos de Molinopampa.

3.2. Caracterización de los productores que manejan sistemas silvopastoriles

3.2.1. Análisis multivariado para la caracterización de los sistemas silvopastoriles

3.2.1.1 Análisis de conglomerados

Con las variables obtenidas de 130 hatos ganaderos, se realizó un análisis de conglomerados, aplicando el método de Ward con una distancia de Gower debido a la existencia de variables cuantitativas y cualitativas, obteniéndose un índice de correlación cofonética de 0,49.

Los cinco grupos obtenidos fueron el resultado de la aplicación del criterio de similitud basado en el establecimiento de un lumbral ubicado a una distancia equivalente a 1/3 (un tercio) de la máxima afinidad entre grupos, en este caso un tercio de 3,42 equivale a 1,14 como línea de corte. Estos grupos presentan características de similitud intragrupo y diferencias intergrupos.

El dendograma (Figura 39) muestra los grupos con las siguientes características: Grupo I conformado por 23 hatos ganaderos que representan un 18%, Grupo II integrado por 45 hatos que representa el 34%, Grupo III con 21 hatos que representa el 16%, Grupo IV con 14 hatos que representa el 11% y el Grupo V con 27 hatos que representa el 21%. Cada grupo contiene hatos ganaderos que se comportan estadísticamente similares entre ellas, permitiendo conocer sus diferencias entre los grupos.

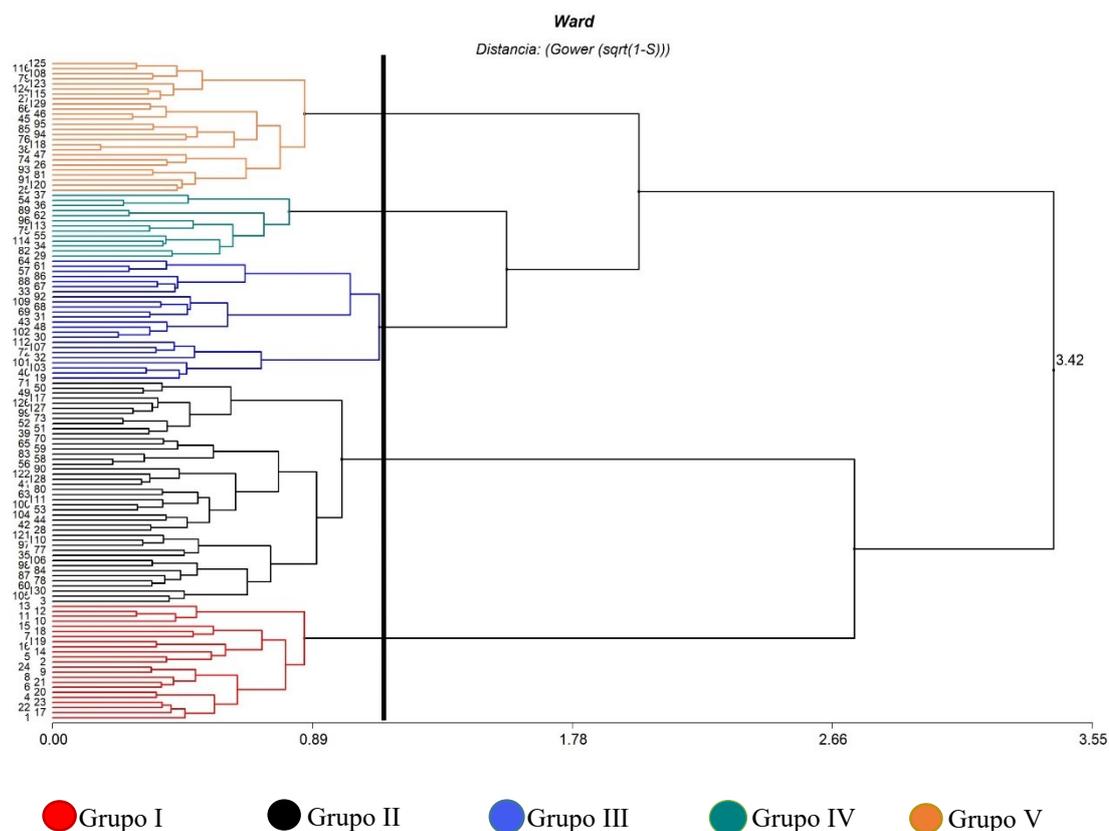


Figura 39. Dendrograma del análisis de conglomerados de 130 hatos para la formación de grupos de sistemas silvopastoriles en el distrito de Molinopampa.

A continuación, se describe las características que los diferencia a cada grupo:

El primero grupo, reúne a un 61% de los productores que se dedican a la agricultura y ganadería, donde el 57% posee de 1 a 2 ha como sistema silvopastoril, el 43% maneja 10 cabezas de ganado vacuno, el 96% maneja SSP asociada con pona, el 78% realizó la siembra de árboles para protección de la biodiversidad y el ganado y el 52% tiene una producción promedio de 20 litros de leche/hato/día.

El segundo grupo, reúne a un 69% de los productores que se dedican a la ganadería, el 67% tiene menos de 1 ha como SSP, el 91% posee menos de 10 cabezas de ganado vacuno, el 53% maneja SSP asociado con aliso, el 51% realizó la siembra de árboles para madera y leña y el 71% tiene una producción promedio de 10 litros de leche/hato/día.

El tercer grupo, reúne a un 100% de productores que se dedican a la agricultura y ganadería, el 67% posee de 4 a 5 ha como SSP, el 62% maneja entre 20 a 30 cabezas de ganado vacuno, el 57% maneja SSP asociado con ciprés y pino, el 71% realizó siembra

de árboles para leña y protección del ganado y el 57% tiene una producción promedio de 30 litros de leche/hato/día.

El cuarto grupo, reúne a un 57% de productores que se dedican ganadería, el 67% posee más de 6 ha como SSP, el 79% posee más de 51 cabezas de ganado vacuno, el 100% maneja SSP asociado con aliso, ciprés y pino, el 79% realizó siembra de árboles para madera y protección de la biodiversidad y el 63% tiene una producción promedio de 70 litros de leche/hato/día.

El quinto grupo, reúne a un 93% de productores que se dedican a la agricultura y ganadería, el 70% posee más de 2 a 3 ha como SSP, el 74% posee de 30 a 50 cabezas de ganado vacuno, el 59% maneja SSP asociado con aliso, 15% ciprés y 22% pino, el 67% realizó siembra de árboles para protección del ganado, agua y la biodiversidad y el 73% tiene una producción promedio de 50 litros de leche/hato/día.

3.2.1.2. Análisis de componentes principales (ACP)

Con la aplicación del ACP se logró reducir la dimensionalidad de las variables a fin de conocer las principales características de los hatos ganaderos que manejan SSP, obteniéndose un gráfico bidimensional (Biplot), llamado primer plano factorial con un conjunto de variables cuantitativas y cualitativas, y que a su vez tienen una mejor representación visual de relaciones entre las variables originales.

Obteniéndose un primer análisis con una proporción acumulada del 24,4% del total de la varianza (Tabla 8), que ayudó a explicar la formación de dos ejes, con la finalidad de ver la correlación de dos variables que explican de forma similar (dos variables que correlacionan positivamente) (Figura 40), a fin de poder discriminar las variables y considerar las que tienen mejor relación dentro del sistema.

Matriz de Comunidad

Es la matriz de acción conjunta que se utiliza para definir como dos coordenadas explican el comportamiento de la situación objeto de estudio (autovalores)

Tabla 8. Matriz inicial de autovalores para el análisis de las variables

Variable	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	3.709	0.137	0.137
2	2.894	0.107	0.245
3	2.003	0.074	0.319
4	1.837	0.068	0.387
5	1.463	0.054	0.441
6	1.425	0.053	0.494
7	1.318	0.049	0.543
8	1.157	0.043	0.585
9	1.076	0.04	0.625
10	1.000	0.037	0.662
11	0.965	0.036	0.698
12	0.905	0.034	0.732
13	0.817	0.03	0.762
14	0.763	0.028	0.79
15	0.742	0.027	0.818
16	0.694	0.026	0.843
17	0.663	0.025	0.868
18	0.566	0.021	0.889
19	0.548	0.02	0.909
20	0.431	0.016	0.925
21	0.426	0.016	0.941
22	0.402	0.015	0.956
23	0.337	0.012	0.968
24	0.289	0.011	0.979
25	0.246	0.009	0.988
26	0.207	0.008	0.99
27	0.201	0.007	0.992
28	0.176	0.006	0.994
29	0.158	0.005	0.996
30	0.117	0.004	1.000

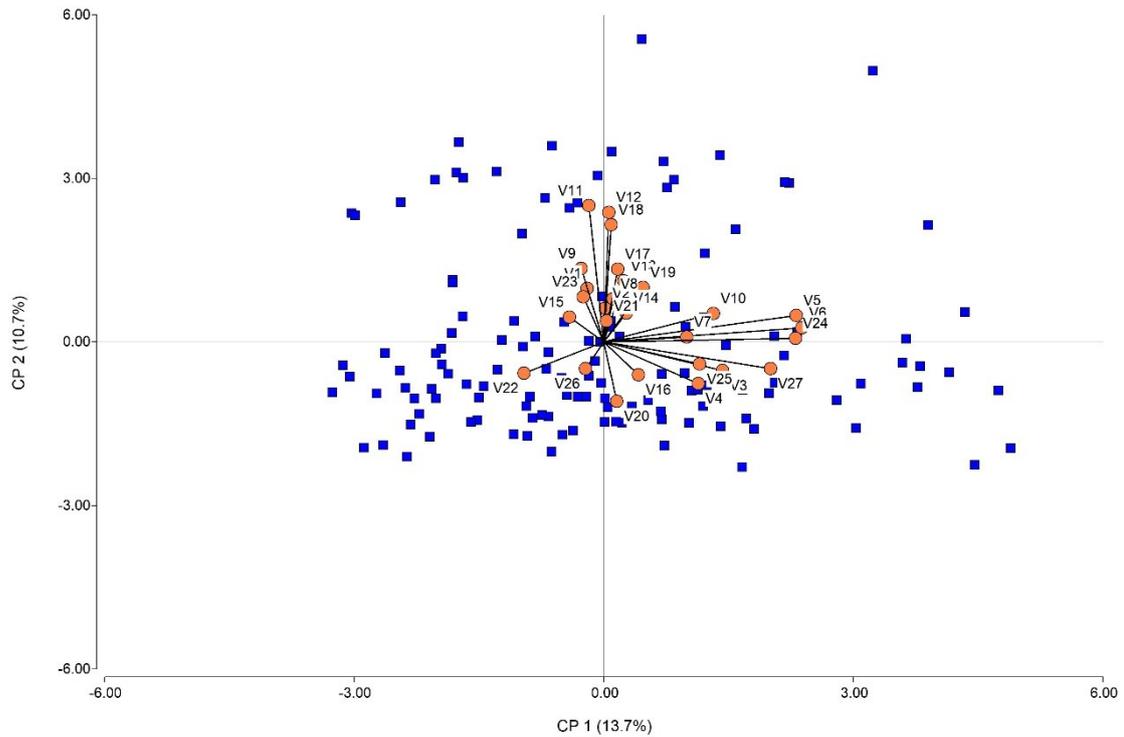


Figura 40. Biplot del total de variables que caracterizan el sistema silvopastoril de 130 hatos ganaderos de Molinopampa

La Figura 40, muestra la correlación del total de las 30 variables, presentando alguna de ellas similitudes, por lo tanto se realizó una discriminación tomando en consideración la correlación positiva que tenga cada variable sin afectar el porcentaje inicial de la varianza, encontrando similitud entre las variables 5 y 6, debido a que explican sobre el área de terreno que cuenta el hato ganadero, por lo tanto, se discrimino la Variable (V) 5; del mismo modo se presentó una similitud entre las variables 17 y 19 sobre la edad del SSP, discriminándose la V19; las variables 13 y 14 explican sobre la especie de pasto que predomina en el hato, discriminándose la V14; las variables 24 y 27 presentaron similitud ya que el número de animales está relacionado a la producción de leche que tiene el hato ganadero, discriminándose la V27, las variables 09 y 21 presentaron similitud, debido a que el diseño del SSP está estrechamente relacionada con la profundidad de capa arable del suelo, discriminándose la V21. Otras variables fueron discriminadas tomando en consideración el menor porcentaje del eje uno o eje dos del cuadro de los autovectores, tal como se muestra en la (Tabla 9), teniendo como resultado una discriminación de 15 variables.

Tabla 9. Discriminación de variables utilizando los autovectores

Variables	e1	e2	observación
V12	0.01	0.44	
V18	0.02	0.39	Discriminado
V3	0.26	-0.1	
V25	0.02	-0.07	Discriminado
V7	0.19	0.03	Discriminado
V10	0.24	0.05	
V2	-0.02	0.15	Discriminado
V23	-0.04	0.16	
V9	-0.03	0.27	
V21	-0.01	0.24	Discriminado
V17	0.04	0.27	
V19	0.09	0.24	Discriminado
V20	0.03	-0.26	
V26	-0.03	-0.09	Discriminado
V8	0.03	0.15	Discriminado
V17	0.03	0.25	
V13	0.04	0.24	
V14	0.04	0.12	Discriminado
V5	0.44	0.13	Discriminado
V6	0.46	0.11	
V24	0.44	0.18	
V27	0.44	0.09	Discriminado
V11	-0.24	0.42	Discriminado
V12	-0.32	0.42	
V24	0.44	0.13	
V30	0.23	0.09	Discriminado
V15	-0.08	0.08	
V28	-0.05	0.08	Discriminado
V24	0.44	0.13	
V29	0.17	0.1	Discriminado

3.2.1.3. Análisis de los componentes principales (ACP)

En la Tabla 10, se puede observar los resultados de la correlación de Spearman, donde la variable conocimiento y capacitación en SSP, presenta una relación altamente positiva ($P < 0,01$), lo que indica que cuanto más capacitación recibe el productor mayor es el conocimiento que tiene para el manejo de los SSP, de la misma manera entre la variable área total del terreno y el diseño SSP se evidencia una relación positiva en este caso significativa ($P < 0,05$) lo que se traduce en el incremento del sistema productivo.

Con relación a la variable especie de árbol y la actividad principal tienen una correlación altamente significativa ($P < 0,01$), esto podría deberse a que el productor para establecer

un sistema de manejo ya sea en ganadería o agricultura, debe elegir la especie de árbol que se asocie con los cultivos y/o animales evitando así la competencia entre los componentes del sistema. Así mismo, se observa una correlación positiva significativa ($P < 0,05$) entre la variable especie de árbol con el diseño del SSP, esto posiblemente se debe a que el productor para instalar un diseño silvopastoril ya sea en cercos vivos, callejones o dispersos en potreros, primero toma en cuenta la especie de árbol con la finalidad de evitar la competencia con la pastura.

Con referencia a la variable preferencia del árbol para establecer un SSP con el conocimiento sobre SSP recibe capacitación y asistencia técnica, y el área total del predio que posee, tienen una correlación altamente significativa ($P < 0,01$), esto podría deberse a que la selección del árbol para establecer un SSP está supeditada al grado de conocimiento que tiene el productor y la disponibilidad del terreno. Por otro lado, se observa que la variable preferencia de árbol y la especie de pasto correlacionan negativamente ($P < 0,01$) señalando que el establecimiento de los árboles bajo SSP no se encuentran asociados con las pasturas instaladas, debido a la poca experiencia en el manejo que realiza el productor, disminuyendo la producción del forraje para el ganado.

Otro aspecto interesante, que se observó en la variable dureza del suelo con la preferencia de árbol para instalar un SSP es que tuvieron una correlación significativa negativa ($P < 0,05$), lo cual podría deberse a que para la instalación del árbol no se tomó en cuenta estructura y la dureza del suelo, generando un menor crecimiento de los árboles en los SSP. Por otro lado, en la variable dureza y color del suelo tienen una correlación positiva altamente significativa ($P < 0,01$) lo que indica que la coloración determina la dureza del suelo; es decir, la coloración marrón oscuro presenta un suelo suelto y la coloración amarillo o gris indica un suelo degradado.

Tabla 10. Matriz de correlaciones de Sperman para caracterizar los sistemas silvopastoriles en Molinopampa

Variables	V1	V3	V4	V6	V9	V10	V12	V13	V15	V16	V17	V20	V22	V23	V24
V1, Actividad principal	1,00														
V3, Conoce SSP	-0.064	1,00													
V4, Capacitación SSP	-0.152	.702**	1,00												
V6, Área total	-0.021	.302**	.144	1,00											
V9, Diseño de SSP	.148	-0.032	-0.078	-0.003	1,00										
V10, Área del SSP	-0.024	.090	.045	.391**	.194*	1,00									
V12, Especie árbol	.215*	-0.038	-0.075	.079	.084	.136	1,00								
V13, Siembra árbol	.029	.128	.088	-0.067	.153	.036	.208**	1,00							
V15, Especie pasto	-.194*	-0.036	.067	-0.056	.098	-0.044	.052	.051	1,00						
V16, Preferencia árbol	-.107	.298**	.234**	.343**	.033	.091*	-.113	.008	-.027**	1,00					
V17, Edad SSP	-0.045	-0.031	-0.025	.117	.013	.086	.163	.163	.027	-0.033	1,00				
V20, Color del S°	-0.133	.114	.183*	-0.039	-0.026	.161	-0.079	.086	-0.048	.219*	-.141	1,00			
V22, Dureza	-0.026	-0.051	-0.003	-.294**	.027	-0.103	.007	.058	.079	-.136*	-0.063	.241**	1,00		
V23, Raza	.001	.011	.049	-0.071	.099	-0.057	.029	.090	.207*	-.039**	-0.000	-.115	-.056	1,00	
V24, #cabezas	-0.017	.310**	.257**	.642**	-0.061	.281**	.087	.121	-.105	.512**	-0.010	.098	-.098	.052	1,00

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; Correlaciones sin (*) no fueron estadísticamente significativas

En la variable raza del ganado con la especie de pasto que predomina en el predio, tienen una correlación positiva altamente significativa ($P < 0,01$), lo que indica, que el productor para el manejo del ganado bajo SSP toma en cuenta el tipo de pastura instalada, a fin de seleccionar la raza del ganado especializada en leche o carne, mejorando de esta manera la producción por unidad de superficie. Por otro lado, existe correlación negativa altamente significativa ($P < 0,01$) entre la variable raza del ganado y la preferencia del árbol para establecer un SSP, lo que demuestra que el productor instala sus árboles bajo un SSP sin considerar la raza del ganado, ya que esto no afecta al sistema de producción.

En la variable número de cabezas de ganado vacuno, presenta una correlación positiva altamente significativa ($P < 0,01$) con el conocimiento en SSP, capacitación y asistencia técnica, y preferencia de árbol, esto puede deberse a que el productor tiene mayor capacidad para la toma de decisiones en el manejo de los SSP, lo que le permitirá seleccionar el tipo de árbol de acuerdo al número de animales a establecer en su hato ganadero, con especies maderables o arbustivas que ayuden a complementar sistema de manejo que viene desarrollando.

Luego, para complementar el análisis de la matriz de correlación de Sперman, se elaboró una representación gráfica de los componentes principales de 15 variables que permitieron explicar y caracterizar los sistemas silvopastoriles que vienen manejando los productores en el distrito de Molinopampa (Figura 41), obteniendo un 28,4% del total de la varianza en la matriz de los autovalores (Tabla 11), con la finalidad de observar la correlación entre variables.

Tabla 11. Matriz final autovalores para el análisis y agrupamiento de variables

Variable	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	2.415	0.161	0.161
3	1.839	0.123	0.284
4	1.647	0.11	0.393
6	1.319	0.088	0.481
9	1.178	0.079	0.56
10	1.110	0.074	0.634
12	0.993	0.066	0.7
13	0.824	0.055	0.755
15	0.761	0.051	0.806
16	0.676	0.045	0.851

17	0.63	0.042	0.893
20	0.592	0.039	0.932
22	0.507	0.034	0.966
23	0.296	0.02	0.986
24	0.213	0.014	1.000

La Figura 41, indica que las variables que se alejan de las coordenadas de origen (0,0) son las que contribuyen más a la variación entre hatos, es decir son las que presentan las frecuencias más dispares en el sistema de manejo de los SSP y las variables que se encuentran próximas al origen del sistema de coordenadas, significa que tiene poca variabilidad y se distribuyen de manera aleatoria en relación con las otras características de los hatos estudiadas (Betancourt et al., 2005).

En la Figura 41 y Tabla 10, muestran una relación positiva altamente significativa ($P < 0,01$) entre las variables número de cabezas de ganado vacuno con el área del SSP y área total del terreno; esto podría deberse, a que el productor cuanto mayor área dispone, puede establecer una carga animal adecuada considerando la producción de pasturas por unidad de superficie asociada con árboles que brinden el beneficio al sistema, a fin de obtener una mejor productividad de leche en el hato ganadero.

Por otro lado, se observa una relación positiva significativa ($P < 0,05$) entre las variables color del suelo y la preferencia de árbol para establecer un SSP, esto puede ser un indicador que tiene relación directa entre el color del suelo y el árbol, mostrándole al productor que para seleccionar un tipo de árbol tiene que observar primero el color del suelo para que le permita un crecimiento en mejora del sistema de producción que viene realizando.

En relación a la variable área del SSP con el área total del terreno, muestran una relación positiva altamente significativa ($P < 0,01$) esto puede deberse, a que cuanto mayor área posee el productor la instalación del SSP se incrementa, utilizando varios diseños silvopastoriles. Además, se observa una relación positiva significativa ($P < 0,05$) entre la variable área que posee el SSP con el diseño del SSP que maneja el productor en el hato, esto se debe a que cuanto mayor área dispone el SSP los diseños pueden incrementarse desde cercos vivos, árboles dispersos en potreros y árboles en callejones permitiendo diversificar el hato y tener un adecuado manejo para el ganado.

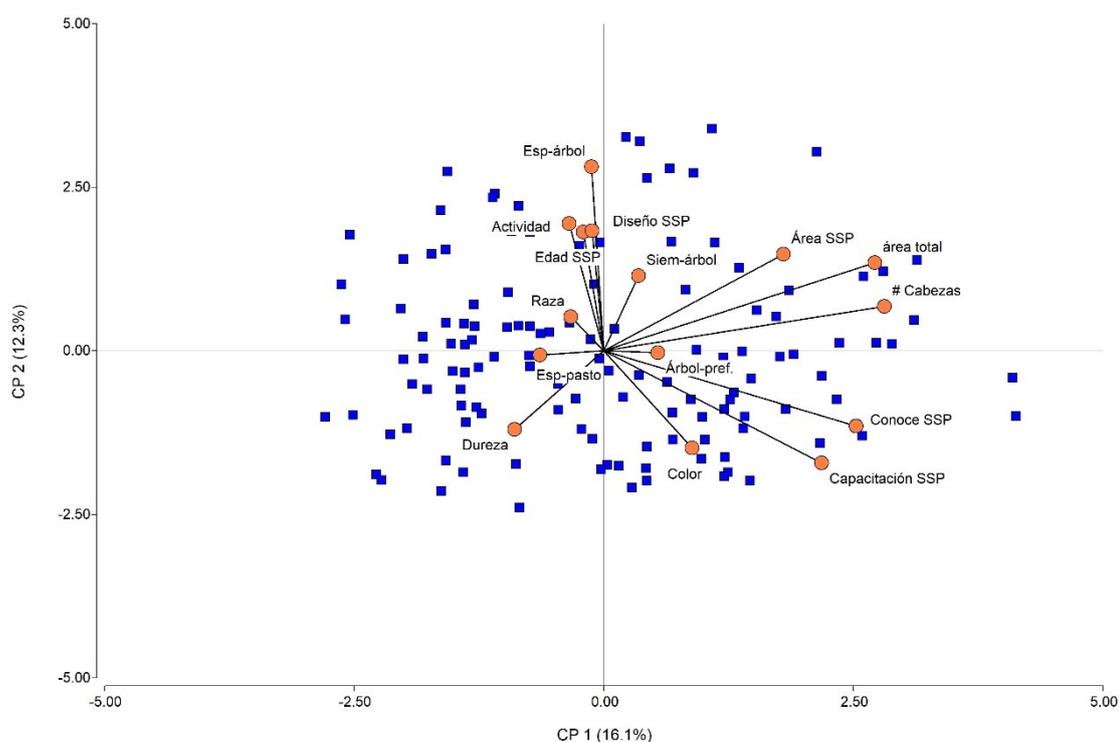


Figura 41. Biplot de las principales variables que caracterizan el sistema silvopastoril del distrito de Molinopampa.

Otro aspecto interesante, que se observa en la variable edad del SSP es que tiene una correlación positiva altamente significativa ($P < 0,01$) con la especie de árbol establecido en el SSP, se debe a que existe especies de rápido crecimiento como el aliso que tienen una menor edad, comparado con la pona que tiene un crecimiento lento presentando mayor edad. Así mismo, la variable edad del SSP tiene una relación positiva significativa ($P < 0,05$) con la siembra de árbol, lo que puede deberse a los factores antes mencionados, siendo que el productor dependiendo de su necesidad puede optar por especies de rápido crecimiento para obtener madera o leña.

En cuanto a la variable dureza del suelo tiene una correlación negativa altamente significativa ($P < 0,01$) con el área total del terreno, esto posiblemente se debe a que el manejo que viene realizando el productor no es el adecuado, debido a que presenta suelos deterioradas con baja productividad, forzando a que amplíe su frontera agrícola extendiendo su área de terreno.

Por otra parte, no se observaron correlaciones significativas entre las variables especie de pasto con el grado de conocimiento, preferencia de árbol, área del terreno y número de cabezas, esto probablemente, se debe a que el productor maneja pasturas de bajo productividad que no se asocia con el número de animales que debe manejar en una cierta área, realizando una sobre carga animal dentro del hato ganadero lo que influye en una baja producción de leche.

3.3. Caracterización del componente arbóreo, herbácea, hojarasca y suelo en diferentes sistemas

En la presente sección se analiza el contenido de biomasa total producido por componente en cada sistema; así mismo, mostrando gráficamente el contenido de Carbono (C) y CO₂ a fin de poder comparar su producción en relación al crecimiento, edad y tipo de sistema. Se analiza la relación que existe entre el Diámetro Altura de Pecho (DAP) y la producción de biomasa a fin de poder determinar su coeficiente de relación. Se muestra además los histogramas de distribución de frecuencia en base a la altura total y el DAP de los sistemas y el contenido del suelo en base a la profundidad y resistencia mecánica.

3.3.1. Producción de biomasa del SSP con Aliso

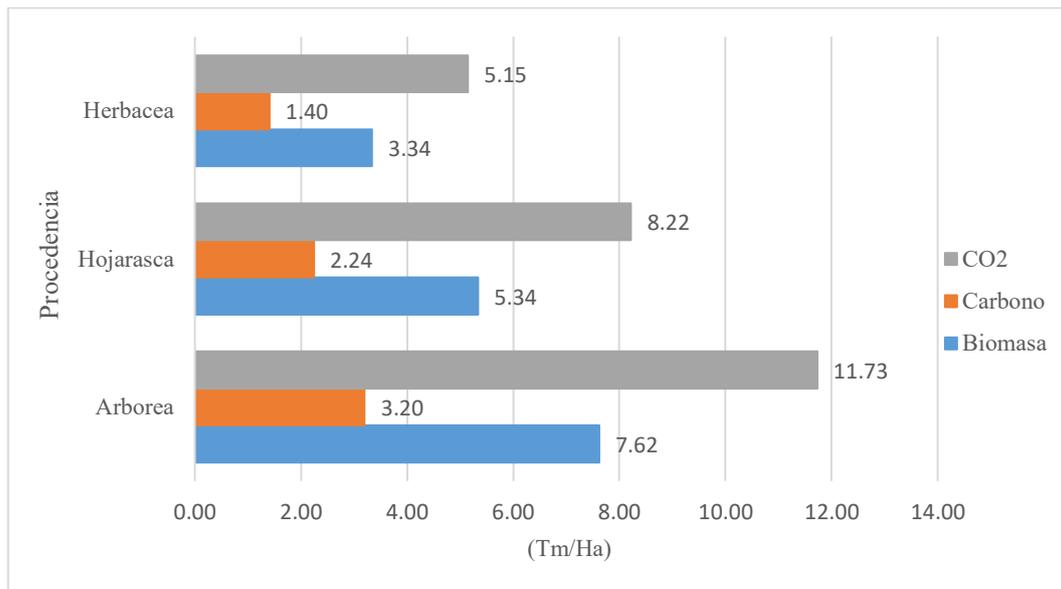
En la Tabla 12, se presenta los datos de campo sobre la evaluación del sistema silvopastoril con aliso de 04 sistemas donde se evaluaron 56 árboles, obteniendo un promedio de la biomasa seca total de 16,30 Tm/ha, distribuido la mayor parte en el componente arbóreo 7,62 Tm/ha, herbácea 5,34 Tm/ha y hojarasca 3,34 Tm/ha.

Tabla 12. Producción total de biomasa seca en el SSP con aliso

Repetición	DAP (cm)	Altura (m)		Biomasa (Tm/ha)			
		Fuste	Total	Arbórea	Herbácea	Hojarasca	Total
1	19.07	10.42	13.43	6.07	5.01	2.82	13.89
2	24	9.94	12.25	12.93	4.74	2.49	20.17
3	18	9.57	9.43	4.71	6.73	4.10	15.54
4	20	7.47	9.47	6.76	4.86	3.97	15.59
Promedio	20.09	9.35	11.15	7.62	5.34	3.34	16.30

La Figura 42, muestra la distribución de carbono y CO₂ en el sistema silvopastoril con aliso, teniendo como resultado que el componente arbóreo es el que contiene una mayor

cantidad, representado con 3,20 Tm/ha de carbono y 11,73 Tm/ha de CO₂, seguido de la hojarasca con 2,24 Tm/ha y 8,22 Tm/ha de CO₂.



* El carbono es el resultado de la multiplicación de biomasa seca y el factor 0,42 (Sánchez y Fluker, 2016).

** El CO₂ es el resultado de la multiplicación del carbono por el factor de conversión 3,666.

Figura 42. Distribución de carbono y CO₂ en el SSP con aliso.

La Figura 43, muestra la relación entre el DAP y la biomasa seca del componente arbóreo del sistema con aliso en la que se encontró una relación logarítmica simple, la que mejor se ajusta con un coeficiente de determinación (r^2) de 0,9915 que indica que el 99,15% de los datos se encuentran representados en el modelo.

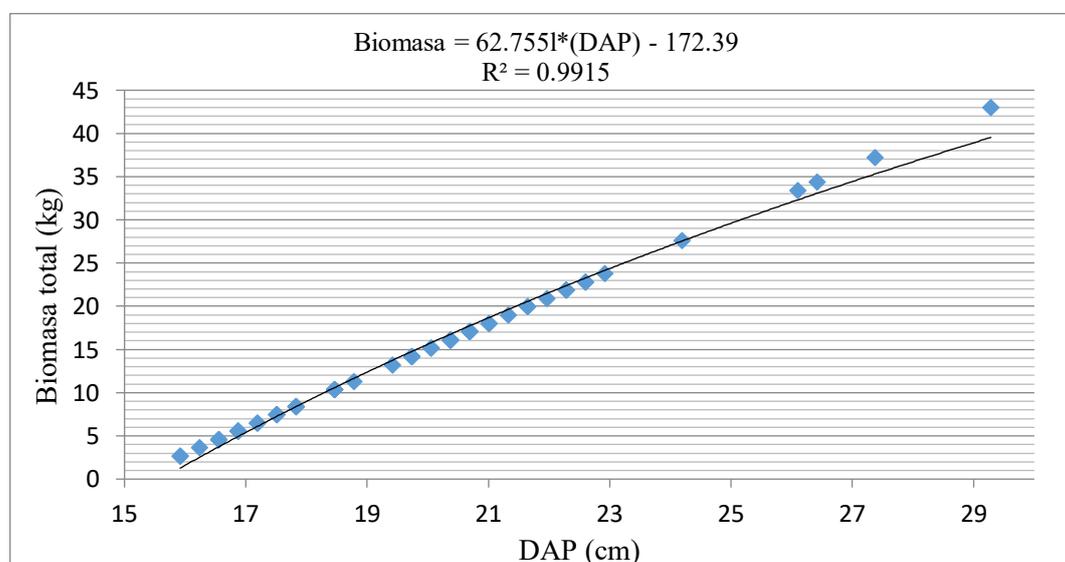


Figura 43. Relación entre el DAP y la biomasa total del aliso como variable regresora.

En cuanto a la altura del árbol es usado como indicador del contenido de biomasa aérea y carbono. En la Figura 44, muestra que la mayor cantidad árboles evaluados 27 tiene una altura de 8 a 12 metros, seguido con 25 árboles con una altura de 5 a 8 metros; además indica que los árboles son ejemplares jóvenes de 6 a 7 años de edad.

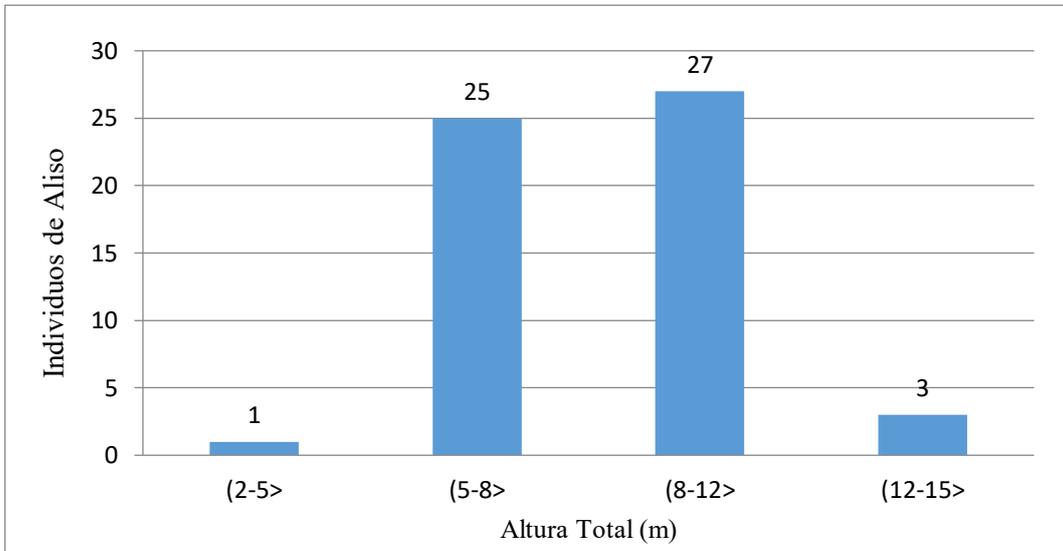


Figura 44. Histograma de distribución de frecuencias de las alturas totales de aliso.

La distribución de la frecuencia del DAP en los árboles evaluados del sistema con aliso se pueden observar en la Figura 45, donde se tienen cuatro intervalos con respecto a la altura, encontrándose una mayor cantidad de árboles con un DAP de 24 a 37 cm, que indica que la biomasa aérea almacenada, varía en función a la edad, diámetro y altura del componente arbóreo.

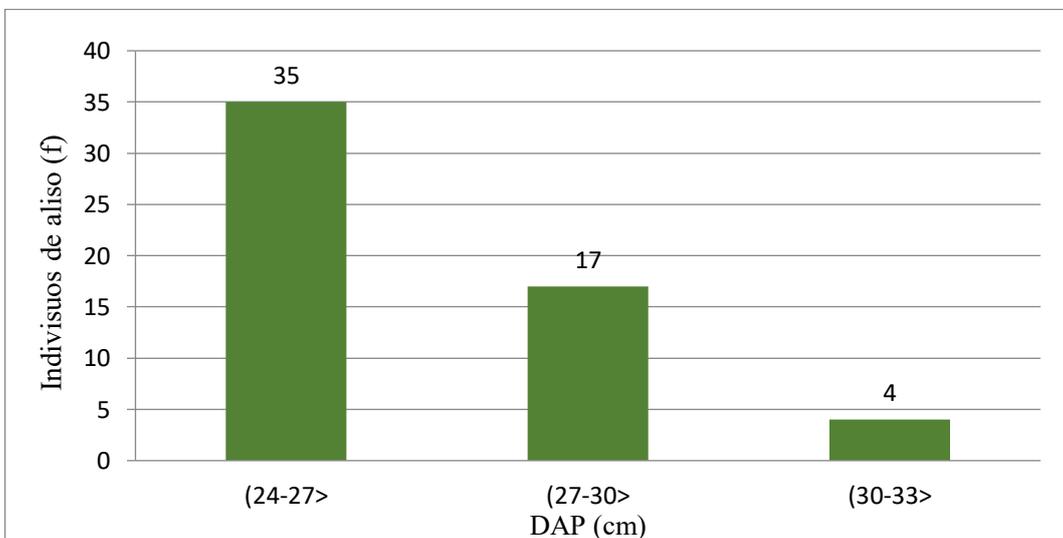


Figura 45. Histograma de distribución de frecuencias del DAP en aliso.

3.3.2. Producción de biomasa seca del SSP con Pino

En la Tabla 13, se presenta los datos de campo sobre la evaluación del sistema silvopastoril con pino de 04 sistemas donde se evaluaron 55 árboles, obteniendo un promedio de la biomasa seca total de 27,30 Tm/ha, distribuido la mayor parte en el componente arbóreo 16,81 Tm/ha, herbácea 3,03 Tm/ha y hojarasca 7,55 Tm/ha.

Tabla 13. Producción total de biomasa seca en el SSP con pino

Repetición	DAP (cm)	Altura (m)		Biomasa (Tm/ha)			
		Fuste	Total	Arbórea	Herbácea	Hojarasca	Total
1	21.13	5.74	7.20	4.62	3.06	6.87	14.55
2	25.35	8.26	10.42	18.68	2.82	8.87	30.37
3	23.36	10.23	13.00	7.26	3.23	6.92	17.42
4	19.56	6.58	8.09	36.68	3.02	7.55	47.25
Promedio	22.35	7.70	9.68	16.81	3.03	7.55	27.40

Por otro lado, en la Figura 46, muestra la distribución de carbono y CO₂ en el sistema silvopastoril con pino, teniendo como resultado que el componente arbóreo es el que contiene una mayor cantidad con 7,18 Tm/ha de carbono y 26,31 Tm/ha de CO₂, seguido de la hojarasca con 3,23 Tm/ha de carbono y 11,82 Tm/ha de CO₂.

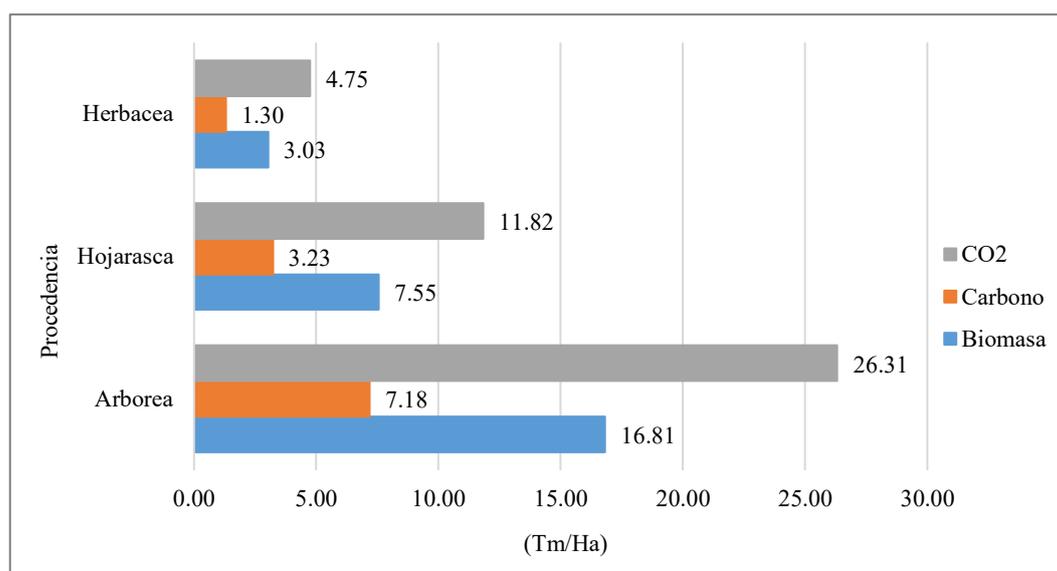


Figura 46. Distribución de carbono y CO₂ en el SSP con pino.

La Figura 47, se analizó la relación entre el DAP y la biomasa seca del componente arbóreo del sistema con Pino en la que se encontró una relación logarítmica simple, la

que mejor se ajusta con un coeficiente de determinación (r^2) de 0,9546 que indica que el 95,46% de los datos se encuentran representados en el modelo.

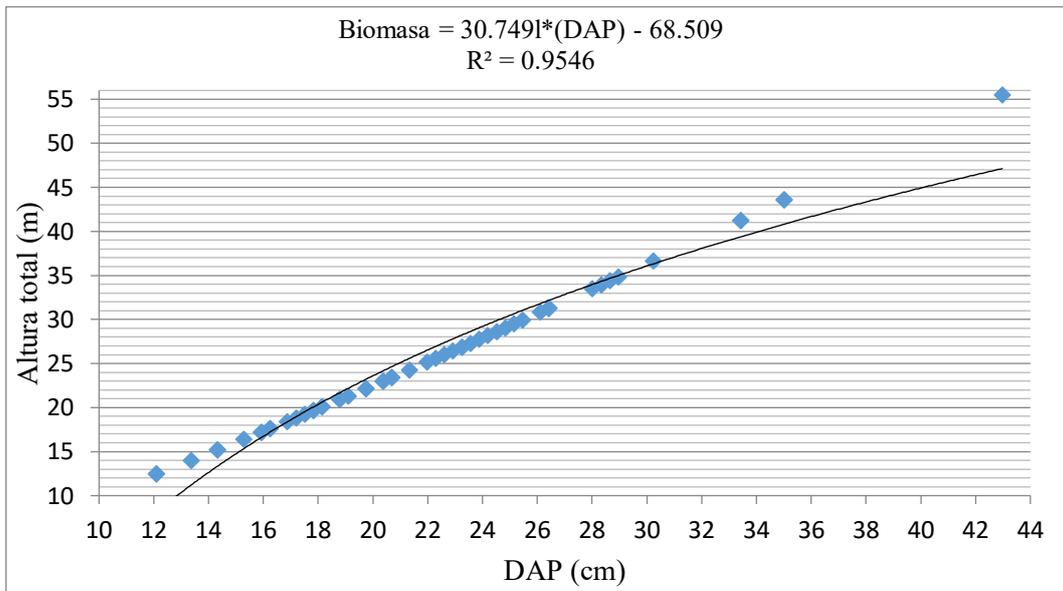


Figura 47. Relación entre el DAP y la biomasa total del pino como variable regresora.

En la Figura 48, muestra que la mayor cantidad árboles evaluados, tiene una altura de 8 a 11 m, seguido con una altura de 11 a 13 m, esto indica que la edad de los árboles oscila entre 10 a 12 años de edad. Además, la altura del árbol es un indicador de biomasa aérea y carbono retenido.

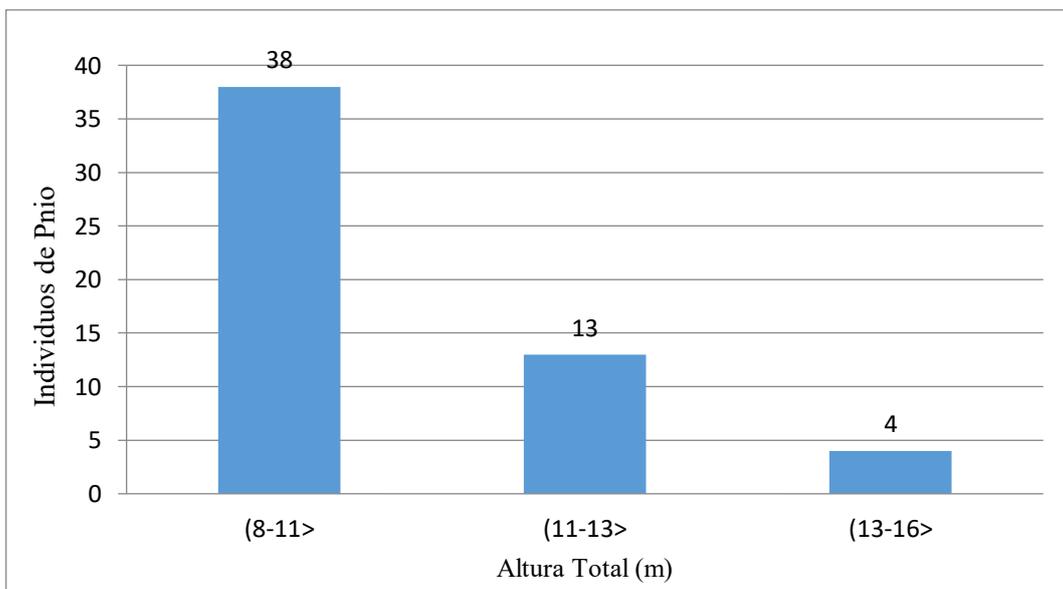


Figura 48. Histograma de distribución de frecuencias de las alturas totales de pino.

La distribución de la frecuencia del DAP en los árboles evaluados del sistema con pino se pueden observar en la Figura 49, donde muestra seis intervalos con respecto a la altura, encontrándose una mayor cantidad de árboles con un DAP de 31 a 38 cm, seguido de un DAP de 38 a 44 cm. Además, indican que a mayor edad, diámetro y altura del árbol la biomasa aumenta mostrando una mayor cantidad de carbono almacenado.

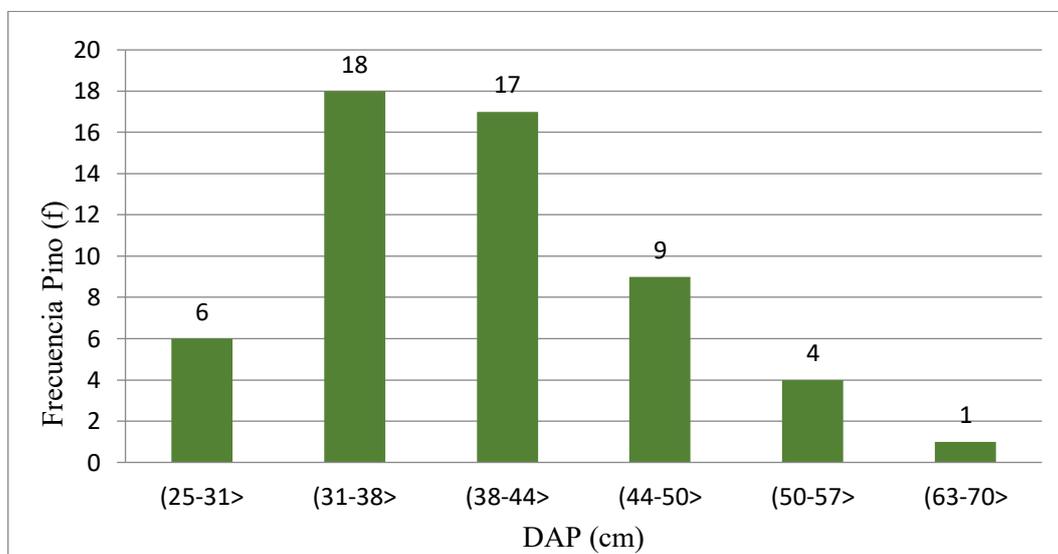


Figura 49. Histograma de distribución de frecuencias del DAP en pino.

3.3.3. Producción de biomasa seca del SSP con Ciprés

En la Tabla 14, se presenta los datos de campo sobre la evaluación del sistema silvopastoril con ciprés de 04 sistemas donde se evaluaron 40 árboles, obteniendo un promedio de la biomasa seca total de 65,62 Tm/ha, distribuido la mayor parte en el componente arbóreo 54,91 Tm/ha y la hojarasca 7,03 Tm/ha.

Tabla 14. Producción total de biomasa seca en el SSP con ciprés

Producción total de biomasa, carbono y CO ² en SSP con Ciprés							
Repetición	DAP (cm)	Altura (m)			Biomasa (Tm/ha)		
		Fuste	Total	Arbórea	Herbácea	Hojarasca	Total
1	37.15	6.60	14.43	79.60	4.32	5.73	89.64
2	30	9.79	12.32	42.20	3.45	7.33	52.98
3	24.45	8.08	10.03	41.12	3.86	8.04	53.02
4	27.95	11.32	14.42	56.70	3.12	7.03	66.85
Promedio	29.87	8.95	12.80	54.91	3.69	7.03	65.62

En la Figura 50, muestra la distribución de carbono y CO₂ en el sistema silvopastoril con ciprés, teniendo como resultado que el componente arbóreo que contiene una mayor cantidad con 27,45 Tm/ha de carbono y 100,64 Tm/ha de CO₂, seguido de la hojarasca con 3,52 Tm/ha de carbono y 12,89 Tm/ha de CO₂.

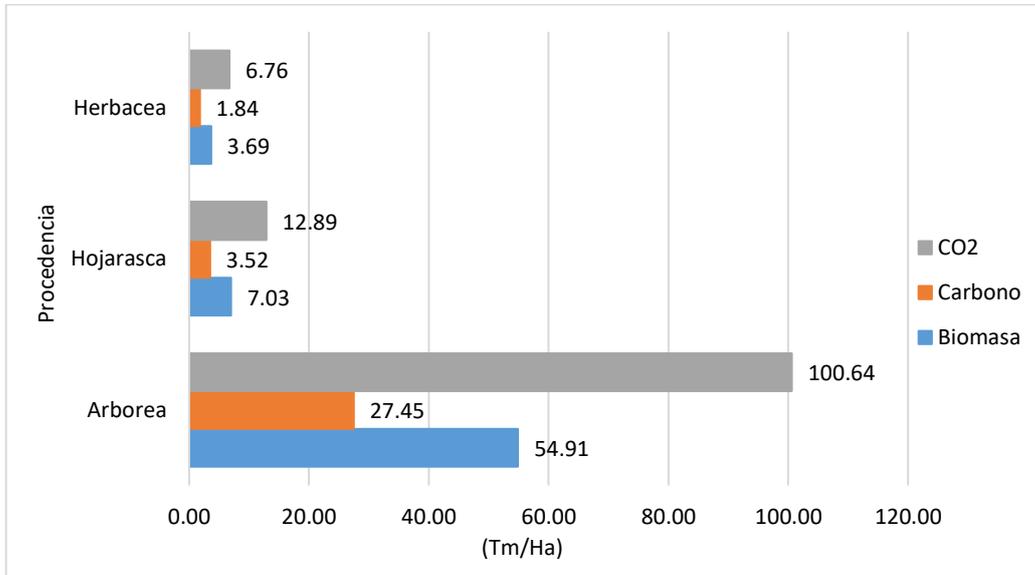


Figura 50. Distribución de carbono y CO₂ en el SSP con ciprés.

En la Figura 51, se analizó la relación entre el DAP y la biomasa seca del componente arbóreo del sistema con ciprés en la que se encontró una relación logarítmica simple, la que mejor se ajusta con un coeficiente de determinación (r^2) de 0,8804, que indica que el 88,04% de los datos se encuentran representados en el modelo.

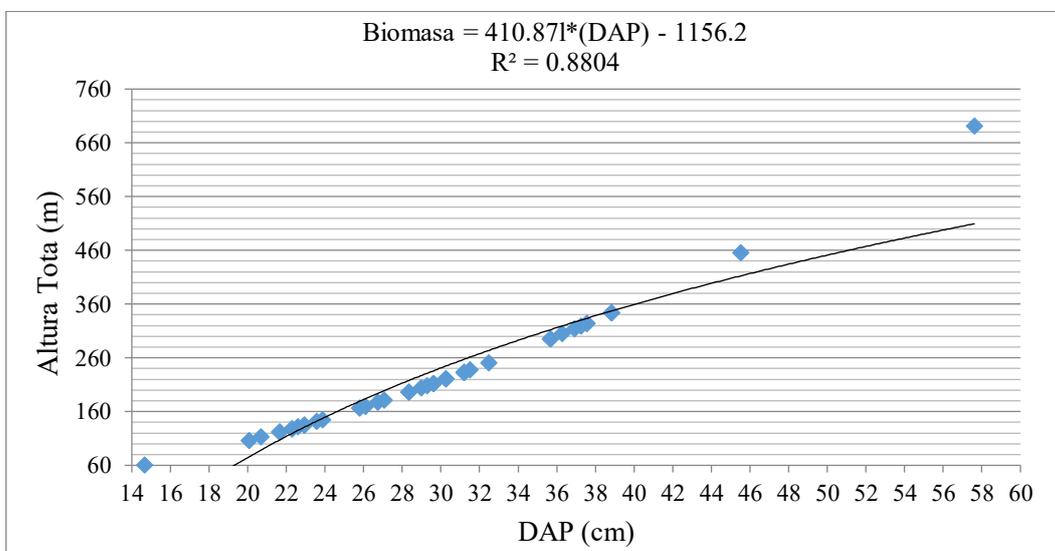


Figura 51. Relación entre el DAP y la biomasa total del ciprés como variable regresora.

En la Figura 52, muestra que la mayor cantidad árboles evaluados, tiene una altura de 10 a 14 m, seguido con una altura de 7 a 10 m y 14 y 17 m, esto indica que la edad de los árboles oscila entre 10 a 12 años de edad. Además, la altura del árbol es un indicador de biomasa aérea y carbono retenido.

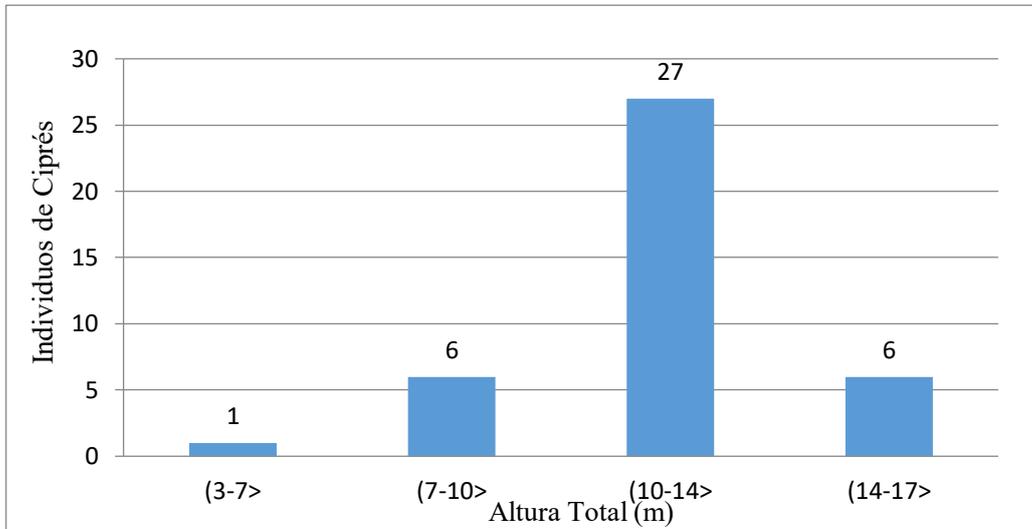


Figura 52. Histograma de distribución de frecuencias de las alturas totales de ciprés.

La distribución de la frecuencia del DAP en los árboles evaluados del sistema con ciprés se puede observar en la Figura 53, donde muestra diez intervalos con respecto a la altura, encontrándose una mayor cantidad de árboles con un DAP de 59 a 68 cm, seguido de 50 a 59 cm y 77 a 85 cm y una menor cantidad que va hasta un DAP de 112 a 121 cm. Estos resultados indican que a mayor edad, diámetro y altura del árbol la biomasa aumenta mostrando una mayor cantidad de carbono almacenado.

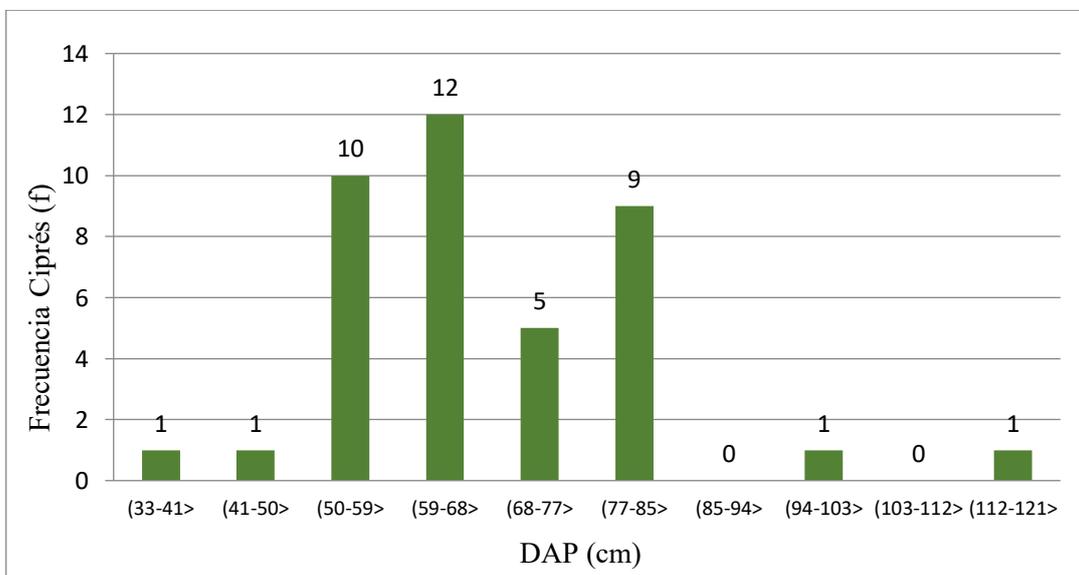


Figura 53. Histograma de distribución de frecuencias del DAP en ciprés.

3.3.4. Producción de biomasa seca del SSP con Pona

En la Tabla 15, se presenta los datos de campo sobre la evaluación del sistema silvopastoril con pona de 04 sistemas, donde se evaluaron 40 árboles, obteniendo un promedio de la biomasa seca total de 101,98 Tm/ha, distribuyéndose en una mayor cantidad en el componente arbóreo 96,61 Tm/ha, herbácea 3,68 Tm/ha y en la hojarasca 1,69 Tm/ha.

Tabla 15. Producción total de biomasa seca en el SSP con pona

Repetición	DAP (cm)	Altura (m)			Biomasa (Tm/ha)		
		Fuste	Total	Arbórea	Herbácea	Hojarasca	Total
1	35.97	12.39	15.84	166.12	3.60	2.04	171.75
2	36.35	10.28	13.00	63.64	3.70	1.40	68.74
3	34.00	8.37	10.66	13.03	3.90	1.63	18.55
4	39.15	10.59	13.48	143.66	3.51	1.69	148.86
Promedio	36.37	10.41	13.24	96.61	3.68	1.69	101.98

La Figura 54, muestra la distribución de carbono y CO₂ en el sistema silvopastoril con pona, teniendo como resultado que el componente arbóreo es el que contiene una mayor cantidad con 54,82 Tm/ha de carbono y 200,96 Tm/ha de CO₂, seguido de la hojarasca con 2,09 Tm/ha de carbono y 3,68 Tm/ha de CO₂.

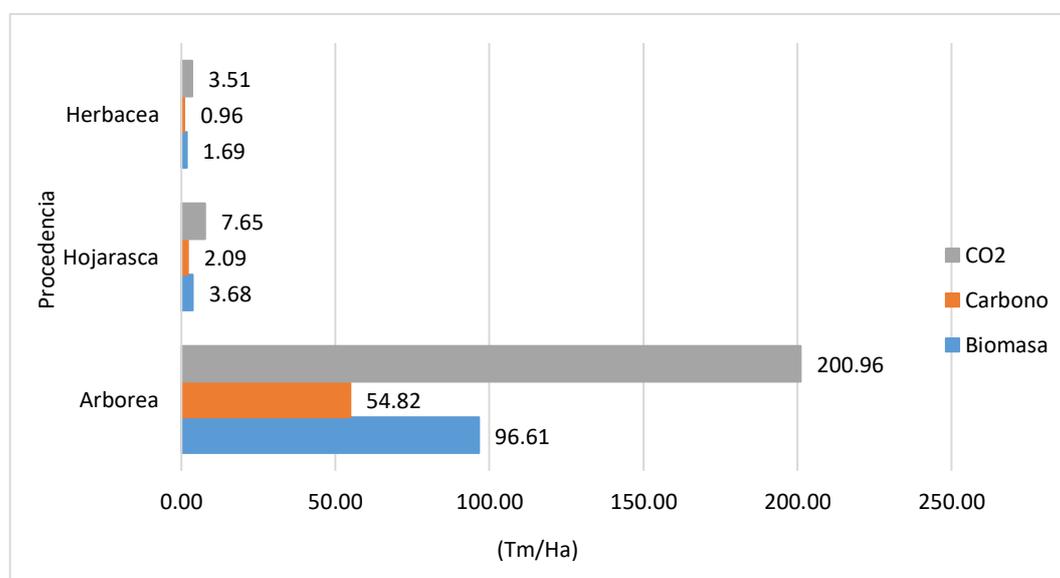


Figura 54. Distribución de carbono y CO₂ en el SSP con pona.

En la Figura 55, se analizó la relación entre el DAP y la biomasa seca del componente arbóreo del sistema con pona en la que se encontró una relación logarítmica simple, la que mejor se ajusta con un coeficiente de determinación (r^2) de 0,9113 que indica que el 91,13% de los datos se encuentran representados en el modelo.

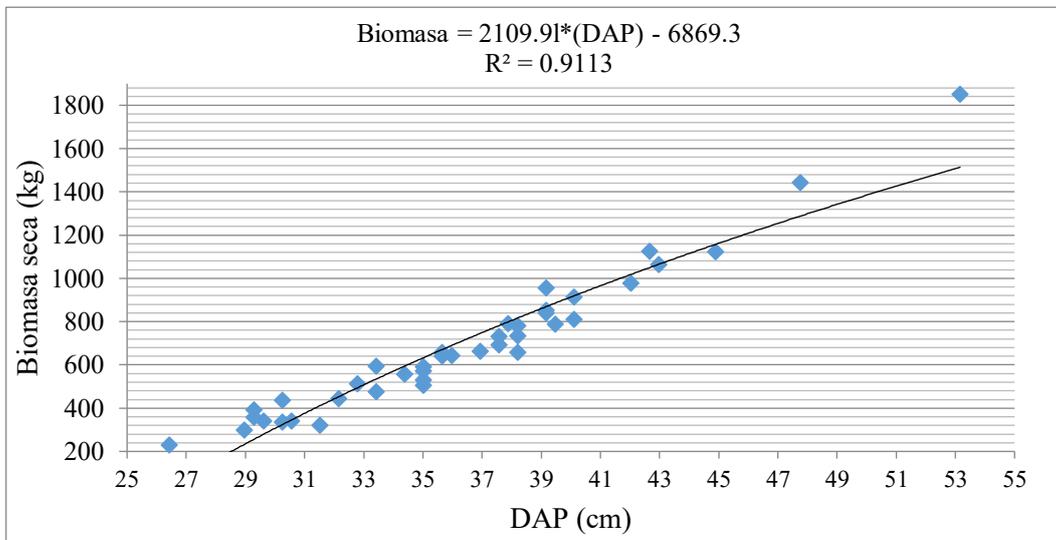


Figura 55. Relación entre el DAP y la biomasa total de pona como variable regresora.

En la Figura 56, muestra que la mayor cantidad árboles evaluados, tiene una altura de 13 a 34 m, seguido con una altura de 10 a 13 m, esto indica que la edad de los árboles oscila entre 50 a 100 años de edad. Además, la altura del árbol es un indicador de biomasa aérea y carbono retenido en el sistema.

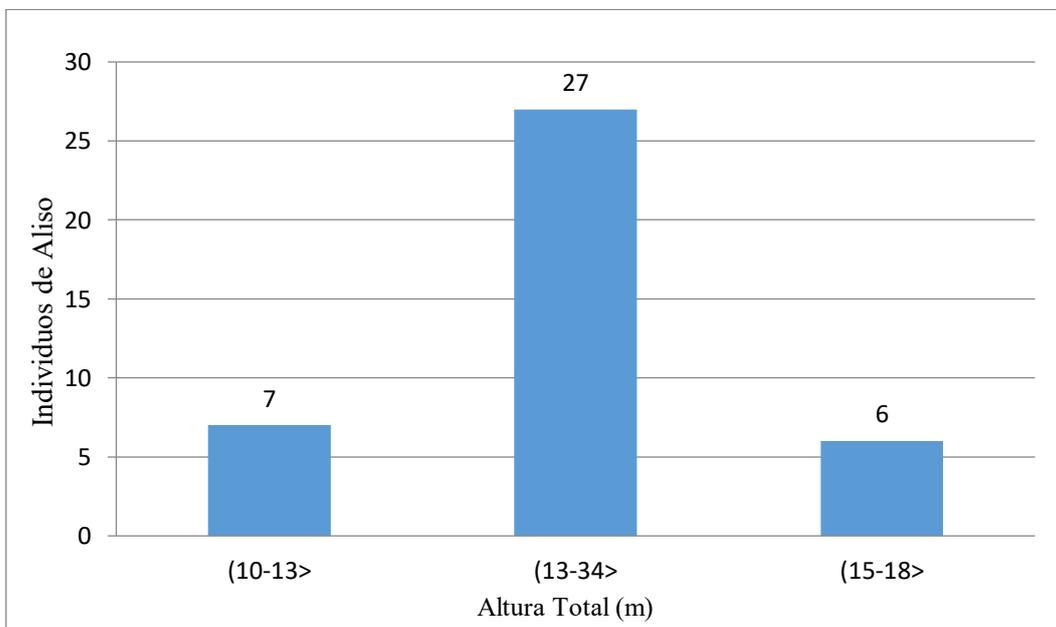


Figura 56. Histograma de distribución de frecuencias de las alturas totales de pona.

La distribución de la frecuencia del DAP en los árboles evaluados del sistema con pona se pueden observar en la Figura 57, donde muestra seis intervalos con respecto a la altura, encontrándose una mayor cantidad de árboles con un DAP de 65 a 71 cm, seguido de 60 a 65 cm y 54 y 70 cm y una menor cantidad con un DAP de 82 a 88 cm. Estos resultados indican que a mayor edad, diámetro y altura del árbol la biomasa aumenta mostrando una mayor cantidad de carbono almacenado.

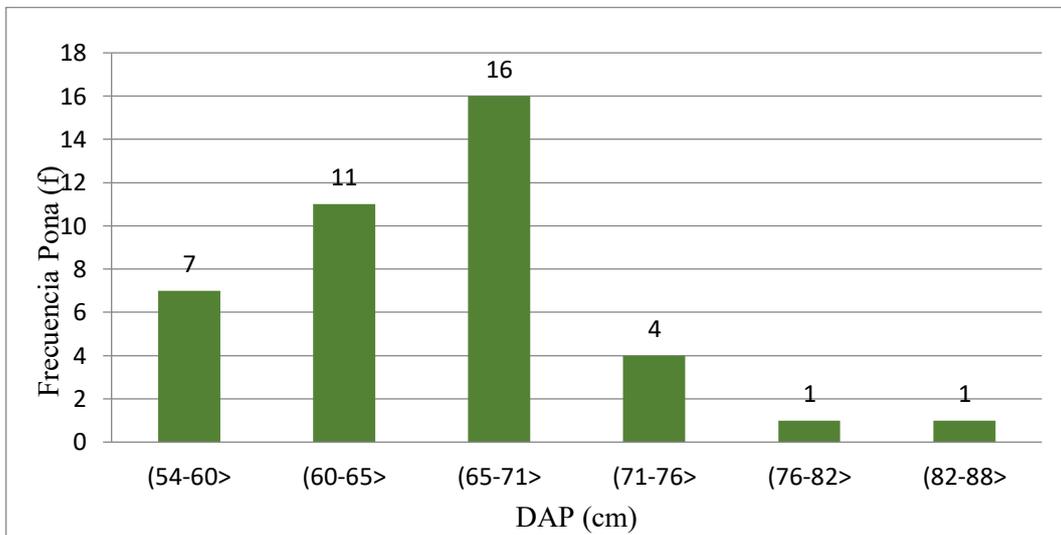


Figura 57. Histograma de distribución de frecuencias del DAP en pona.

3.3.5. Evaluación de biomasa en el sistema sin árboles

En la Tabla 16, se presenta los datos de campo sobre la evaluación del sistema sin árboles que solo contiene biomasa herbácea, evaluándose en 4 sistemas, obteniéndose un promedio de la biomasa seca total de 4,03 Tm/ha.

Tabla 16. Producción total de biomasa seca en SSA

Repetición	Biomasa (Tm/ha)	
	Herbácea	Total
1	4.51	4.51
2	3.51	3.51
3	5.06	5.06
4	3.02	3.02
Promedio	4.03	4.03

La Figura 58, muestra la distribución de carbono y CO₂ en el sistema sin árboles, teniendo como resultado que el componente herbáceo contiene una cantidad de 1,72 Tm/ha de carbono y 6,30 Tm/ha de CO₂.

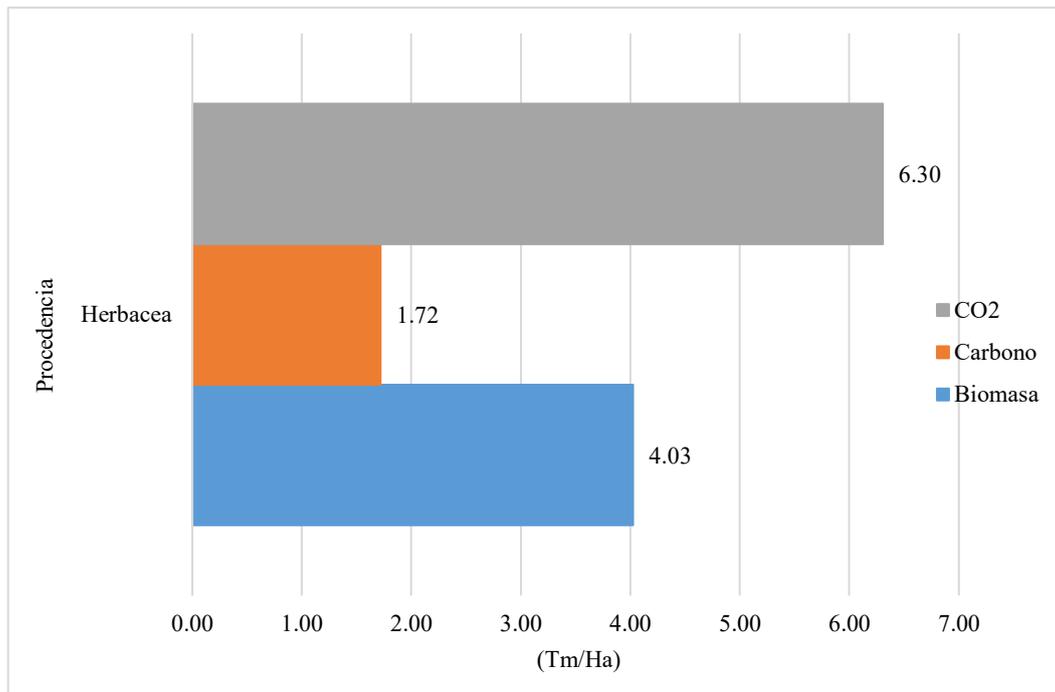


Figura 58. Distribución de carbono y CO₂ en el SSA.

3.3.6. Evaluación del contenido del suelo

En la Tabla 17, se puede observar el análisis de varianza con la F calculada y el p-valor, para determinar el grado de significancia ($P < 0,05$) de las características de suelo a diferentes profundidades (0-15 y 15-30 cm) y en diferentes sistemas (aliso, pino, ciprés, pona y sin árboles), teniendo como resultado, en cuanto a pH en sistema existe una diferencia significativa de 0,0275* por profundidad y en el sistema por profundidad no existe significancia. Para CE por profundidad existe una diferencia altamente significativa 0,0019* y para las variables sistema y sistema por profundidad no es significativo.

Con respecto al CO existe diferencia altamente significativa para profundidad con valores de 0,0000** y para las variables sistema y sistema por profundidad no es significativo. En MO existe diferencia altamente significativa con valores de 0,0000** y para las variables sistema y sistema por profundidad no es significativo. En la evaluación de K en sistema existe diferencia altamente significativa de 0,0079** y para la variable profundidad es significativo con 0,0130*, para sistema profundidad no es significativo estadísticamente. El CIC en cuanto a profundidad existe diferencia altamente significativa con 0,0085** y para las variables sistema y sistema por profundidad no es significativo. Para fósforo los resultados no fueron significativos. Finalmente observamos en la PO, por

profundidad existe diferencia altamente significativa con 0,0000**, en sistema y sistema por profundidad no existe significancia.

Tabla 17. Análisis de varianza de las características del suelo en diferentes sistemas

Variables	Fuente de Variación	Análisis de Varianza		Coeficiente de Variación	Nivel de Significancia
		F	P		
pH	Sistema	3.42	0.0275*	17.14	Significativo
	Profundidad	0.59	0.4530 ns	17.14	No Significativo
	Sistema*Profundidad	0.06	0.9927 ns	17.14	No Significativo
CE	Sistema	2.65	0.0632 ns	69.52	No Significativo
	Profundidad	12.76	0.0019 **	69.52	Altamente Significativo
	Sistema*Profundidad	0.40	0.8034 ns	69.52	No Significativo
CO	Sistema	1.15	0.3622 ns	34.26	No Significativo
	Profundidad	91.98	0.0000 **	34.26	Altamente Significativo
	Sistema*Profundidad	0.34	0.8478 ns	34.26	No Significativo
MO	Sistema	1.15	0.3631 ns	34.26	No Significativo
	Profundidad	92.04	0.0000 **	34.26	Altamente Significativo
	Sistema*Profundidad	0.34	0.8479 ns	34.26	No Significativo
P	Sistema	2.25	0.0994 ns	115.3	No Significativo
	Profundidad	0.19	0.6662 ns	115.3	No Significativo
	Sistema*Profundidad	0.14	0.9659 ns	115.3	No Significativo
K	Sistema	4.68	0.0079 **	43.81	Altamente Significativo
	Profundidad	7.44	0.0130 *	43.81	Significativo
	Sistema*Profundidad	0.16	0.9552 ns	43.81	No Significativo
CIC	Sistema	0.49	0.7450 ns	22.48	No Significativo
	Profundidad	8.50	0.0085 **	22.48	Altamente Significativo
	Sistema*Profundidad	0.41	0.7976 ns	22.48	No Significativo
PO	Sistema	0.57	0.6893 ns	9.54	No Significativo
	Profundidad	31.07	0.0000 **	9.54	Altamente Significativo
	Sistema*Profundidad	0.72	0.5881 ns	9.54	No Significativo

ns: No Significativo *: Significativo (p<0,05) **: Altamente Significativo (p<0,01)

En la Tabla 18, se puede observar la prueba de comparación de medias realizada con Tukey al 95%, teniendo como parámetros de evaluación el efecto del sistema, profundidad y su interacción sistema por profundidad sobre las características del suelo.

En cuanto al pH indica que existe suelos fuertemente ácidos, con diferencia estadística entre sistemas, con mejores valores al ciprés 5,61, seguido del aliso con 5,30 y el sistema con una media más baja fue la pona 4,09. Con respecto al P los sistemas que tiene valores menores a 7 ppm son la pona, pino y el SSA. El K que presenta todos los sistemas son valores aceptables encontrándose dentro del rango establecido, esto indica que existe

diferencia estadística entre sistemas con mejores valores al ciprés 382 ppm y el menor valor al pino con 122 ppm. La MO y CO que presenta los sistemas se encuentra con valores altos de acuerdo a la tabla de clasificación de suelos reportado en el análisis. Finalmente observamos que los valores para CE, CIC y Porosidad, se encuentra con valores normales para este tipo de suelos, comparándose las medias que no muestran diferencia estadística entre sistema.

Con respecto a la profundidad, se puede observar que, la comparación de medias en los valores de CE, CO, MO, K, CIC y Porosidad, existen diferencia estadística y con valores mucho más altos en la profundidad de 0-15, disminuyendo su composición a mayor profundidad de 15 - 30. Sin embargo, para los valores de pH y P no existe diferencia estadística entre la profundidad presentando medias similares.

Para el análisis de la interacción de sistema por profundidad se realizó tomando en consideración todos los datos recolectados en campo para obtener las medias, encontrándose valores estadísticamente diferentes para CO, MO, K y PO, que indican que a mayor profundidad los valores disminuyen considerablemente, teniendo mejores valores para el sistema pino a una profundidad de 0 – 15, con MO de 16,07 % y CO de 9,32%, con respecto a CE, K y porosidad el mejor sistema es el ciprés con valores de 0,40 (dS/m), 453,57 ppm y 70,14%. Los sistemas que presentaron las medias más bajas fueron a una profundidad de 15 – 30, siendo el aliso con una CE de 0,04 (dS/m), MO de 2,52% y CO de 1,46%, para K y Porosidad el pino obtuvo medias una de 71 ppm y 52,53%.

Para las características de pH, P y CIC las medias no reportaron diferencias estadísticas con valores similares a diferente profundidad.

Tabla 18. Análisis del tipo de sistema y profundidad sobre las características del suelo

Sistema (S)	Características del Suelo							
	pH (1:1)	CE (dS/m)	Carbono Orgánico (%)	Materia Orgánica (%)	Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)	CIC (meq/100g)	Porosidad (%)
SSP Aliso	5.30 ± 0.73 ab	0.22 ± 0.13 a	3.91 ± 3.04 a	6.74 ± 5.23 a	12.68 ± 13.54 a	254.33 ± 127.98 ab	32.93 ± 4.50 a	63.07 ± 7.11 a
SSP Pino	4.37 ± 0.32 ab	0.08 ± 0.05 a	5.79 ± 4.42 a	9.99 ± 7.63 a	2.97 ± 1.03 a	122.83 ± 91.28 b	30.51 ± 11.86 a	61.26 ± 10.63 a
SSP Ciprés	5.61 ± 1.26 a	0.29 ± 0.25 a	4.53 ± 3.33 a	7.81 ± 5.73 a	12.64 ± 9.37 a	382.33 ± 150.88 a	34.40 ± 9.96 a	62.11 ± 10.74 a
SSP Pona	4.09 ± 0.20 b	0.11 ± 0.11 a	4.70 ± 3.55 a	8.11 ± 6.11 a	2.65 ± 1.63 a	227.33 ± 103.63 ab	31.49 ± 6.43 a	64.40 ± 8.53 a
SSA Sin árboles	4.99 ± 0.79 ab	0.18 ± 0.18 a	5.32 ± 3.20 a	9.17 ± 5.51 a	4.99 ± 3.15 a	218.42 ± 66.70 ab	35.72 ± 5.55 a	65.95 ± 6.55 a
Profundidad (P)								
0 - 15 cm	4.75 ± 0.84 a	0.25 ± 0.17 a	7.76 ± 2.07 a	13.38 ± 3.57 a	7.85 ± 8.61 a	293.68 ± 143.82 a	36.96 ± 7.26 a	69.51 ± 3.95 a
15 - 30 cm	4.99 ± 0.99 a	0.09 ± 0.07 b	1.94 ± 0.91 b	3.34 ± 1.57 b	6.52 ± 8.42 a	188.48 ± 103.39 b	29.06 ± 6.33 b	57.21 ± 7.08 b
Interacción (S x P) (cm)								
SSP Aliso + 0 - 15	5.22 a	0.31 ab	6.35 ab	10.96 ab	12.23 a	282.67 ab	35.57 a	68.41 ab
SSP Aliso + 15 - 30	5.37 a	0.12 ab	1.46 c	2.52 c	13.13 a	226.33 ab	30.29 a	57.73 ab
SSP Pino + 0 - 15	4.27 a	0.13 ab	9.32 a	16.07 a	2.83 a	174.67 ab	37.87 a	69.99 ab
SSP Pino + 15 - 30	4.47 a	0.04 b	2.27 bc	3.90 bc	3.10 a	71.00 b	23.15 a	52.53 b
SSP Ciprés + 0 - 15	5.34 a	0.40 a	7.35 a	12.67 a	15.35 a	453.67 a	37.33 a	70.14 a
SSP Ciprés + 15 - 30	5.87 a	0.16 ab	1.71 bc	2.95 bc	9.93 a	311.00 ab	31.47 a	54.08 ab
SSP Pona + 0 - 15	4.01 a	0.15 ab	7.68 a	13.25 a	2.87 a	294.00 ab	35.20 a	69.02 ab
SSP Pona + 15 - 30	4.17 a	0.06 ab	1.72 bc	2.97 bc	2.43 a	160.67 ab	27.79 a	59.79 ab
SSA Sin árboles + 0 - 15	4.92 a	0.26 ab	8.10 a	13.96 a	5.96 a	263.42 ab	38.84 a	70.01 ab
SSA Sin árboles + 15 - 30	5.06 a	0.09 ab	2.54 bc	4.37 bc	4.02 a	173.42 ab	32.61 a	61.89 ab

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba Tukey (p<0,05).

A continuación, se expresa gráficamente mediante cajas y bigotes los principales elementos que lo componen al suelo como: MO, P y K, con la finalidad de describir el comportamiento de cada sistema, procesados mediante software estadístico.

En la Figura 59, se observa la distribución de los datos para cada variable sobre el contenido MO del suelo, indicándonos que a una profundidad de 0 a 15 cm existe un mayor contenido y variabilidad de los datos, sobresaliendo con mayores valores el sistema con ciprés seguido del pino, y el sistema con menor cantidad es el aliso; a una profundidad de 0 – 30 cm existe una distribución más homogénea de las variables pero con menor contenido; sin embargo, en el sistema con pino se puede observar una mayor variabilidad de los datos, siendo el sistema sin árboles el que tiene un mayor contenido, seguido del pino y el menor valor lo obtuvo en sistema con aliso.

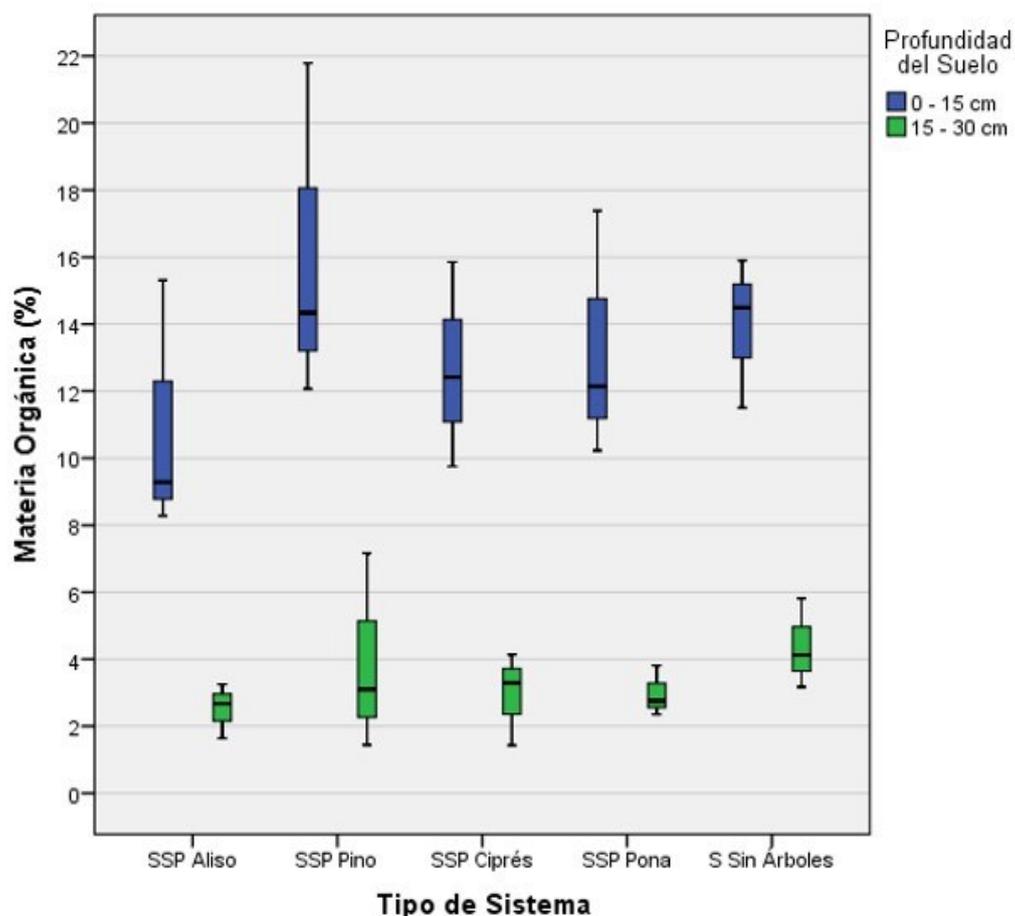


Figura 59. Comparación del contenido de materia orgánica a diferentes profundidades.

En la Figura 60, se observa el contenido de P en diferentes sistemas y profundidades, teniendo como resultado que, a una profundidad de 0 a 15 cm existe una tendencia a una mayor composición de fósforo; sin embargo, se observa que el sistema con aliso y ciprés tienen mayor variabilidad de los datos con rangos que van desde 05 hasta 26 ppm, destacando con un mayor contenido el sistema con ciprés, seguido por el aliso y el valor más bajo con variables que presentan mayor homogeneidad fue el sistema con pino. A una profundidad de 15 a 30 cm, se tiene un menor contenido de P, con variables más homogéneas para el sistema pino, pona y sistema sin árboles; pero cuando observamos el sistema con pino y ciprés sus valores son muy variables con rangos que van desde 2 hasta 33 ppm, teniendo una mejor cantidad el sistema con aliso, seguido del ciprés y en menor cantidad el sistema con la pona.

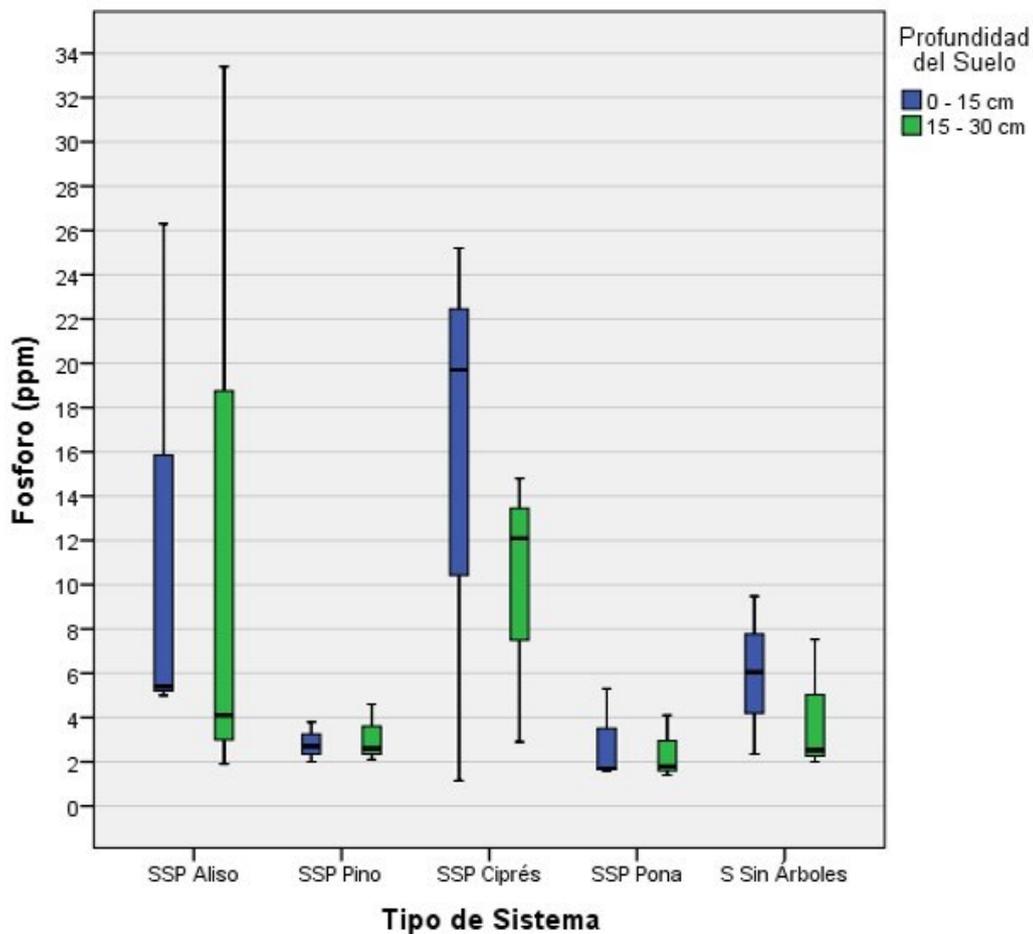


Figura 60. Evaluación del contenido de fósforo a diferentes profundidades.

En la Figura 61, se muestra el contenido de K en diferentes sistemas y profundidades, teniendo como resultado que, a una profundidad de 0 a 15 cm existe un mayor contenido

de K, pero con una mayor variabilidad de los datos en todos los sistemas, destacando en su contenido el sistema con ciprés, seguido de la pona y con menor contenido fue el sistema con pino. Cuando analizamos la profundidad de 15 a 30 cm, tenemos un menor contenido; sin embargo, observamos que los sistemas aliso y ciprés evidencian una mayor variabilidad en los datos, destacando en su contenido el sistema con ciprés, seguido del aliso, y el contenido más bajo con un comportamiento uniforme fue el sistema con pino, encontrándose por debajo de los niveles menores a 100 ppm permitidos en la clasificación de suelos.

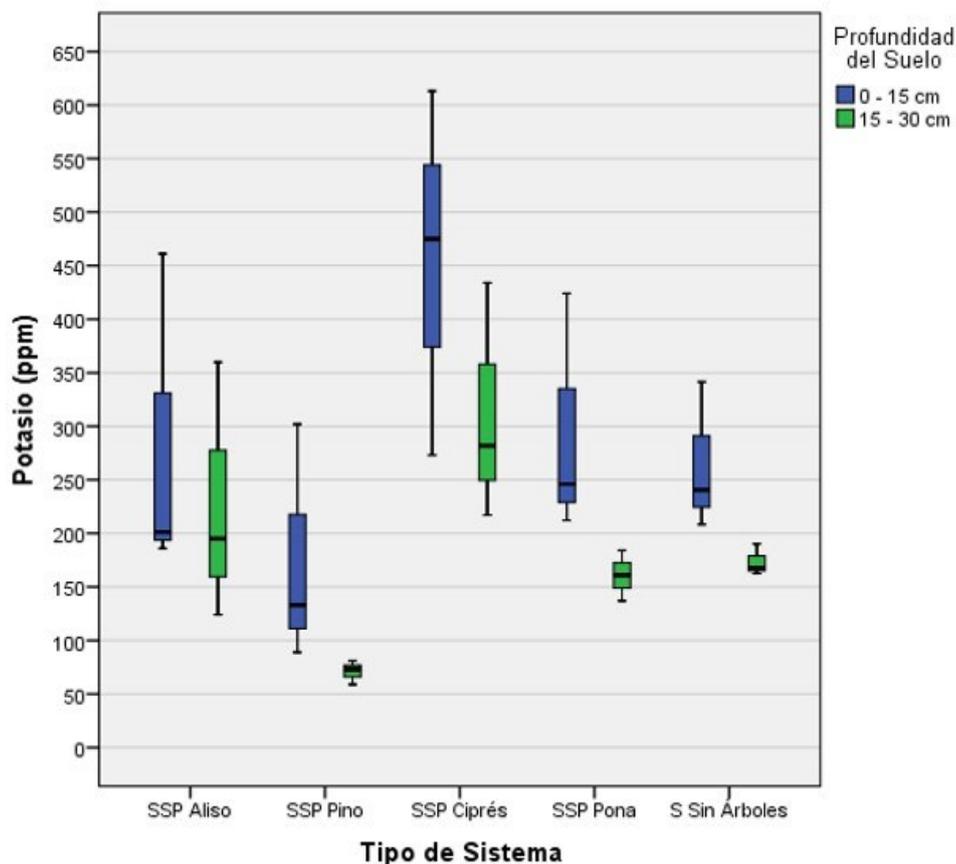


Figura 61. Evaluación del contenido de potasio a diferentes profundidades.

3.3.7. Evaluación de la resistencia mecánica del suelo

La resistencia mecánica es la compactación que muestra el suelo, debido al exceso de raíces radiculares superficiales, establecimiento del monocultivo y compactación por sobrepastoreo, el cual afecta a las propiedades físicas y químicas del suelo, que se asocian directamente con el desarrollo de las plantas y las labores agrícolas de los sistemas silvopastoriles.

En la Tabla 19, se observa el análisis de varianza con la F calculada y el p-valor, para determinar el grado de significancia ($P < 0,05$) sobre la resistencia mecánica del suelo, analizando las variables sistema, profundidad y sistema por profundidad, teniendo como resultados que a nivel de sistema existe diferencia significativa con 0,0042*, con respecto a profundidad y sistema por profundidad no es significativa.

Tabla 19. Análisis de varianza de la resistencia mecánica del suelo

Parámetro	Fuente de Variación	Análisis de Varianza		Coeficiente de Variación	Nivel de significancia
		F	P		
Resistencia Mecánica	Sistema	5.36	0.0042*	44.80	Significativo
	Profundidad	1.15	0.2973 ns	44.80	No Significativo
	Sistema*Profundidad	1.26	0.3184 ns	44.80	No Significativo

ns: No Significativo

*: Significativo ($p < 0,05$)

** : Altamente significativo ($p < 0,01$)

En la Tabla 20, se puede observar la prueba de comparación de medias realizada con Tukey al 95%, utilizando las variables sistema, profundidad y sistema por profundidad sobre la RM del suelo en los diferentes sistemas evaluados, considerándose 2 niveles de profundidad en un rango de 0 -15 de 15 a 30 cm, teniendo como resultado que, entre sistema existe cuatro grupos con diferencia estadística siendo la mayor resistencia a la penetración en el suelo el ciprés con 2,623 y el aliso con 2,457 (kg/cm^2) y con menor resistencia es el sistema sin árboles con 1,238 (kg/cm^2).

De acuerdo a la profundidad, no existiendo diferencia estadística entre los niveles evaluados; sin embargo, las medias de acuerdo como se va incrementando la profundidad la resistencia mecánica aumenta, iniciando en 1,612 (kg/cm^2) hasta llegar a 1,921 (kg/cm^2), a una profundidad de 30 cm.

Sobre la interacción del sistema por profundidad existe diferencia entre las medias de los sistemas formando tres grupos, obteniendo una mayor resistencia de 15 a 30 cm en el sistema con ciprés 3,19 (kg/cm^2), seguido por el aliso a una profundidad de 0 a 15 cm con 2,72 (kg/cm^2), pero la menor resistencia obtuvo la pona a una profundidad de 15 a 30 cm con 0,78 (kg/cm^2).

Tabla 20. Análisis de la resistencia mecánica del suelo.

Sistema (S)	Resistencia Mecánica (kg/cm ²)
SSP Aliso	2.457 ± 1.16 ab
SSP Pino	1.598 ± 0.84 abc
SSP Ciprés	2.623 ± 0.98 a
SSP Pona	0.917 ± 0.41 c
S Sin árboles	1.238 ± 0.36 bc
Profundidad (P)	
0 - 15 cm	1.612 ± 0.81 a
15 - 30 cm	1.921 ± 1.19 a
Interacción (S x P)	
SSP Aliso + 0 - 15 cm	2.7200 ab
SSP Aliso + 15 - 30 cm	2.1933 ab
SSP Pino + 0 - 15 cm	1.1400 ab
SSP Pino + 15 - 30 cm	2.0567 ab
SSP Ciprés + 0 - 15 cm	2.0533 ab
SSP Ciprés + 15 - 30 cm	3.1933 a
SSP Pona + 0 - 15 cm	1.0567 ab
SSP Pona + 15 - 30 cm	0.7767 b
S Sin árboles + 0 - 15 cm	1.0900 ab
S Sin árboles + 15 - 30 cm	1.3867 a

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativa según la prueba Tukey (p<0,05).

En la Figura 62, se muestra la evaluación de la resistencia mecánica en diferentes sistemas y profundidades, teniendo como resultado que, a una profundidad de 0 a 15 cm existe variables muy homogéneas que no tienen mayor resistencia mecánica, esto posiblemente se debe a que, en la primera capa existe un mayor contenido de materia orgánica producto de la descomposición de hojas, presentando una menor resistencia el pino, seguido de la pona y la mayor resistencia tiene el sistema con aliso y ciprés. A una profundidad de 10 a 20 cm se observa, los sistemas aliso y ciprés muestran mayor variabilidad en la resistencia mecánica con valores altos; sin embargo, el sistema con pona y ciprés presenta variables más homogéneas con menor resistencia. En la profundidad de 15 a 30 cm, se puede observar que los sistemas aliso, pino y ciprés presentan una mayor variabilidad en los datos con mayor resistencia; sin embargo, el sistema pona sin árboles tiene variables con homogeneidad en los datos y menor resistencia mecánica.

Observando el gráfico en su conjunto, respecto a la profundidad, indica que el sistema pino y ciprés presentan una tendencia a un comportamiento directamente proporcional entre las variables profundidad del suelo y la resistencia mecánica, esto posiblemente se debe a la profundidad de raíz de los árboles; sin embargo, cuando observamos el aliso y la pona a mayor profundidad la resistencia disminuye, debido a que son especies nativas y presentan raíces superficiales extendidas; cuando analizamos el sistema sin árboles la resistencia mecánica se mantiene a mayor profundidad.

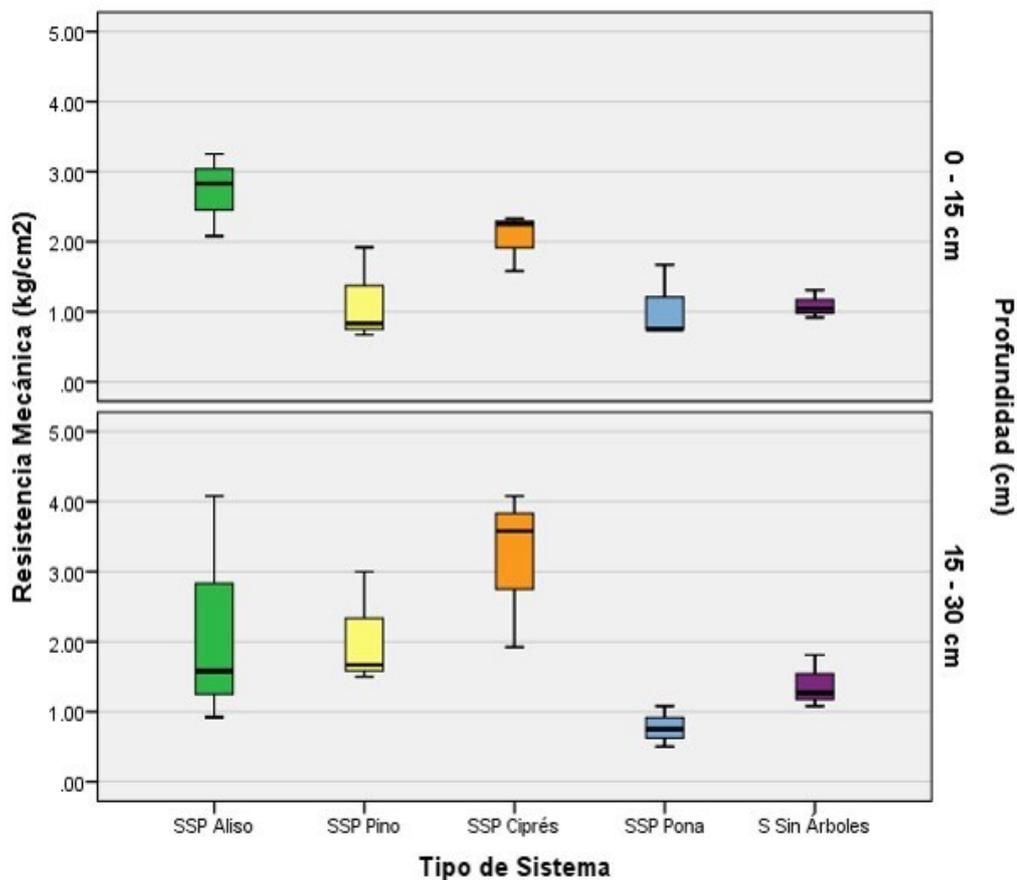


Figura 62. Evaluación de la resistencia mecánica del suelo a diferentes profundidades.

3.4. Evaluación del crecimiento, rendimiento, composición florística y nutricional de las pasturas en los sistemas

3.4.1. Evaluación del crecimiento de las pasturas

Se realizó evaluación de las pasturas que predomina en los sistemas, como el rye gras (*Lolium multiflorum*) + trébol blanco (*Trifolium repens*) y pasto ovilla (*Dactylis glomerata*), considerándose como variable de evaluación el crecimiento en dos épocas del año (lluvia y seca) para su comparación, dichas evaluaciones se realizaron teniendo

una edad de crecimiento de 30, 45, 60 y 75 días de acuerdo a sus características de desarrollo de cada pastura y cada sistema.

En la Tabla 21, se observa el análisis de varianza del crecimiento con la F calculada y el p-valor, teniendo como resultado que, a los 30, 45 y 60 días de crecimiento en las variables sistema y época existe diferencia altamente significativa con valores menores ($P < 0,05$); a los 75 días en la variable sistema existe diferencia significativa y en época es altamente significativa. Por otro lado, observamos que a los 30 y 45 días en la variable época por sistema es significativo y a los 60 y 75 días no existe diferencia significativa, esto se debe q que las pasturas han alcanza su madurez sin ser afectados por la época.

Tabla 21. Análisis de varianza del crecimiento de pasturas (cm)

Días	Fuente de Variación	Análisis de Varianza		Coeficiente de Variación	Nivel de Significancia
		F	P		
30	Sistema	19.49	0.0000 **	24.56	Altamente Significativo
	Época	84.3	0.0000 **	24.56	Altamente Significativo
	Sistema*Época	2.93	0.0467 *	24.56	Significativo
45	Sistema	12.05	0.0000 **	28.75	Altamente Significativo
	Época	61.96	0.0000 **	28.75	Altamente Significativo
	Sistema*Época	3.10	0.3880 *	28.75	Significativo
60	Sistema	14.95	0.0000 **	24.34	Altamente Significativo
	Época	71.86	0.0000 **	24.34	Altamente Significativo
	Sistema*Época	2.69	0.0607 ns	24.34	No Significativo
75	Sistema	8.08	0.0005 *	26.36	Significativo
	Época	90.64	0.0000 **	26.36	Altamente Significativo
	Sistema*Época	1.76	0.1764 ns	26.36	No Significativo

ns: No Significativo *: Significativo ($p < 0,05$) **: Altamente Significativo ($p < 0,01$)

En la Tabla 22, se puede observar la prueba de comparación de medias realizada con Tukey al 95%, teniendo como parámetros de evaluación el tipo de sistema y época del año sobre el crecimiento de las pasturas que predominan en los sistemas evaluados.

Con respecto al sistema se puede observar una diferencia estadística entre las medias por los días evaluados, destacando con valores de crecimiento más altos a los 75 días el aliso con 72,50 cm y el más bajo la pona con 30,08 cm.

En cuanto al efecto de la época, se puede observar que las medias en los diferentes días de evaluación existen una diferencia estadística en el crecimiento de las pasturas

considerándose esta desde los 30 hasta los 75 días, además se puede observar que en la época de lluvia tiene un mayor crecimiento de las pasturas comparada con la época de verano debido a la presencia de humedad constante que ayude a su crecimiento.

Con referencia a la interacción sistema por época, se puede observar que, en un mismo sistema existe una diferencia estadística, mas no existe diferencia por los días de evaluación debido a que tienen un crecimiento ascendente. Sin embargo, cuando se observa todas las variables de sistema por época forman diferentes grupos que indica valores de crecimiento diferentes en todos los días de evaluación.

Tabla 22. Análisis del crecimiento de las pasturas en diferentes días

Sistema (S)	Altura (cm)			
	30 Días	45 Días	60 Días	75 Días
SSP Aliso	36.23 a	51.48 a	63.50 a	72.50 a
SSP Pino	14.53 bc	26.30 b	29.57 bc	44.80 bc
SSP Ciprés	17.92 bc	25.08 b	38.57 bc	50.00 abc
SSP Pona	13.37 c	18.97 b	23.88 c	30.08 c
S Sin árboles	22.88 b	31.03 b	43.32 b	54.00 ab
Época (E)				
Invierno	29.63 a	43.21 a	54.75 a	73.31 a
Verano	12.35 b	17.94 b	24.79 b	27.24 b
Interacción (S x E)				
SSP Aliso + Invierno	51.13 a	74.93 a	89.53 a	106.87 a
SSP Aliso + Verano	21.22 bcd	28.03 bcd	37.47 bcd	38.13 cde
SSP Pino + Invierno	20.73 bcd	34.70 bcd	39.27 bcd	64.30 bcd
SSP Pino + Verano	8.33 d	17.90 bcd	19.87 d	25.30 e
SSP Ciprés + Invierno	23.23 bc	37.37 bc	50.80 bc	69.73 abc
SSP Ciprés + Verano	10.60 cd	12.80 cd	26.33 cd	30.27 de
SSP Pona + Invierno	19.80 bcd	26.87 bcd	35.63 bcd	46.17 bcde
SSP Pona + Verano	6.93 d	11.07 d	12.13 d	14.00 e
S Sin árboles + Invierno	31.23 b	43.17 b	58.59 b	79.50 ab
S Sin árboles + Verano	14.53 cd	19.90 bcd	28.13 cd	28.50 de

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba Tukey ($p < 0,05$).

En la Figura 63, se puede observar con mayor detalle crecimiento de las pasturas en diferentes sistemas, días y época, teniendo como resultado que, en época de invierno en todos los sistemas existe un orden de crecimiento ascendente; sin embargo, los sistemas como aliso y ciprés en todas las etapas de corte presentan mayor dispersión de las variables, destacando con mayor crecimiento el sistema con aliso, mientras que los sistemas pino, pona y sin árboles muestran variables homogéneas con un menor

crecimiento. En época de verano, también se observa una tendencia en el crecimiento con variables homogéneas en los sistemas aliso, pona y sin árboles, destacando un mayor crecimiento el aliso; así mismo, observamos la existencia de una mayor dispersión de las variables en los sistemas con pino y ciprés con menor crecimiento.

Cuando analizamos el factor época, podemos destacar la producción de pasturas en invierno en todos los sistemas comparado con verano, con una tendencia al crecimiento, sobresaliendo el sistema establecido con el aliso, seguido por el sistema sin árboles y el menor crecimiento lo obtuvo la pona. Estos resultados posiblemente se deben a que, en el distrito de Molinopampa existe una mayor precipitación en época de invierno permitiendo un crecimiento adecuado de las pasturas que requiere mayor cantidad de agua, no afectando las sequías ni heladas comparadas con época de verano.

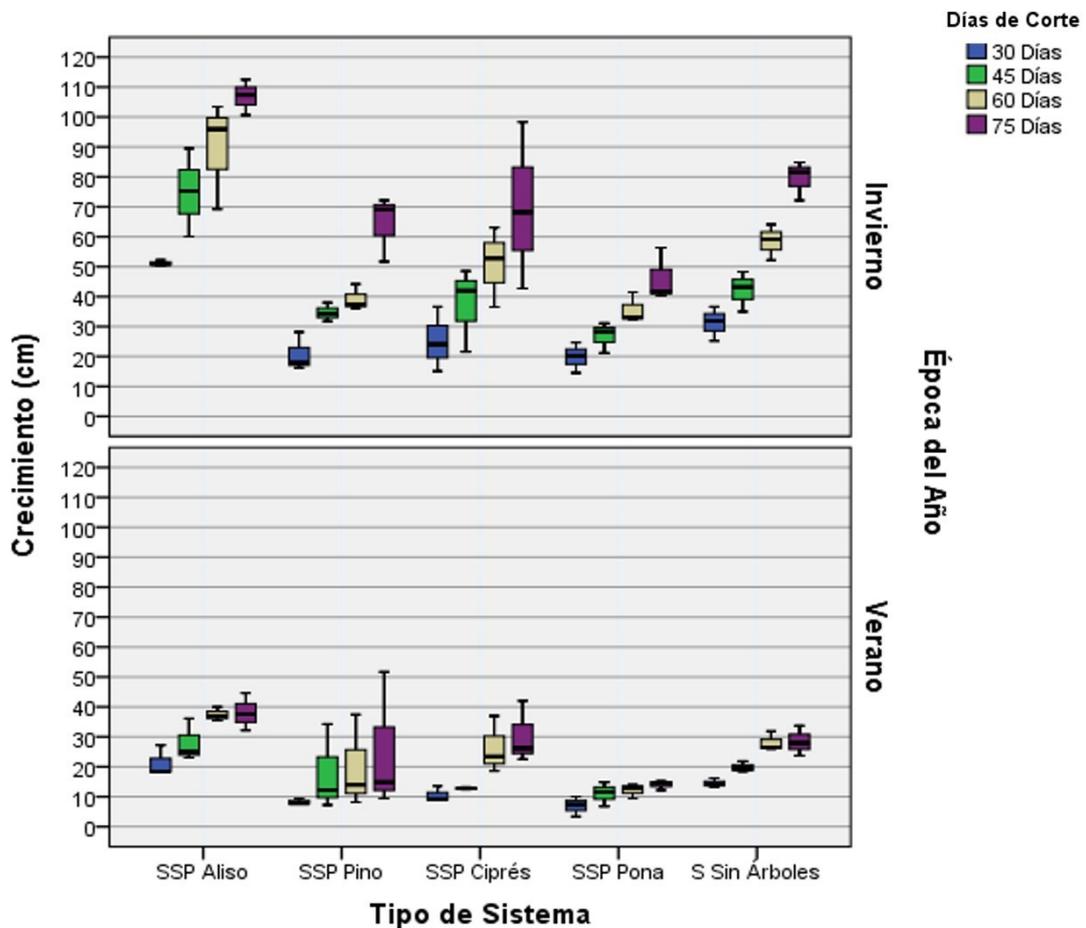


Figura 63. Evaluación de crecimiento de pastos en diferentes días de corte y época.

3.4.2. Evaluación de materia verde en las pasturas

En la Tabla 23, se muestra el análisis de varianza con la F calculada y el p-valor, para determinar el grado de significancia ($P < 0,05$) de la producción de forraje verde que tienen los diferentes sistemas, analizados en diferentes épocas del año con la finalidad de determinar su rendimiento y hacer una comparación múltiple entre sistemas.

Teniendo como resultado que la producción de forraje a los 30, 60 y 75 días evaluados por sistema presenta una diferencia significativa y altamente significativa con valores de 0,0000**, 0,0156* y 0,0000**, por otro lado, indica que, cuando se analiza el factor época evaluado a los 75 días presenta una diferencia significativa y altamente significativa con valores de 0,0009** y en la variable sistema por época solamente a los 30 días es significativo con un valor de 0,0418* y a los 45, 60 y 75 días de la producción de forraje verde no es significativo.

Tabla 23. Análisis de varianza del forraje verde en las pasturas (kg/m²)

Días	Fuente de Variación	Análisis de Varianza		Coeficiente de Variación	Nivel de Significancia
		F	P		
30	Sistema	15.93	0.0000 **	25.83	Altamente Significativo
	Época	2.79	0.1101 ns	25.83	No Significativo
	Sistema*Época	3.03	0.0418 *	25.83	Significativo
45	Sistema	4.18	0.0127 *	40.54	Significativo
	Época	1.83	0.1917 ns	40.54	No Significativo
	Sistema*Época	0.62	0.6516 ns	40.54	No Significativo
60	Sistema	3.98	0.0156 *	49.02	Significativo
	Época	1.38	0.0254 ns	49.02	No Significativo
	Sistema*Época	0.20	0.9360 ns	49.02	No Significativo
75	Sistema	12.83	0.0000 **	26.48	Altamente Significativo
	Época	15.18	0.0009 **	26.48	Altamente Significativo
	Sistema*Época	0.77	0.5590 ns	26.48	No Significativo

ns: No Significativo *: Significativo ($p < 0,05$) **: Altamente Significativo ($p < 0,01$)

En la Tabla 24, se puede observar la comparación de medias realizada con Tukey al 95%, donde se analiza el efecto del tipo de sistema y época del año sobre el rendimiento de forraje verde, teniendo como resultado que, a los 30 días existen dos grupos diferentes estadísticamente con mejores valores al sistema con aliso 0,471 kg/m², seguido del sistema sin árboles 0,438 kg/m² y a medida que crece las pasturas (45 y 60 días) la diferencia estadística se incrementa formando tres grupos, pero al finalizar su crecimiento

cercano a la época de corte (75 días) se observa que la diferencia estadística se acorta formando dos grupos pero con mejores valores al sistema con aliso de 1,413 kg/m², seguido del sistema sin árboles 1,388 kg/m², demostrando un crecimiento sostenido desde los primeros días de establecido la pasturas.

Cuando se analiza la época podemos observar que, al evaluar el rendimiento a los 30, 45 y 60 días, no existe diferencia estadística formando un solo grupo; sin embargo, cuando se analiza a los 75 días existe una diferencia estadística formando dos grupos, teniendo como resultado que en invierno existe un mayor rendimiento que va desde 0,289 a 1,201 kg/m² y en verano es de 0,339 a 0,820 kg/m², estos resultados pueden estar asociados a la alta precipitación que se tiene en el distrito de Molinopampa.

El análisis de la interacción sistema por época muestra que, a los 30 y 75 días se forman siete grupos bien definidos y diferentes estadísticamente, sobresaliendo en su producción a los 75 días el sistema sin árboles en época de invierno 1,680 kg/m² y verano el sistema con aliso con una producción 1,288 kg/m²; así mismo, se puede observar a los 60 días sobre sale en su producción el aliso, seguido del sistema sin árboles no existiendo diferencia significativa y finalmente a los 45 días se observa que, no existe diferencia estadística significativa, debido a que en todos los valores son normales y cercanos entre ellos.

Tabla 24. Análisis del forraje verde en diferentes días de corte

Sistemas (S)	Forraje Verde (kg/m ²)			
	30 Días	45 Días	60 Días	75 Días
SSP Aliso	0.471 a	0.670 a	1.185 a	1.413 a
SSP Pino	0.174 b	0.314 b	0.412 b	0.595 b
SSP Ciprés	0.253 b	0.475 ab	0.864 ab	0.972 ab
SSP Pona	0.234 b	0.332 ab	0.545 ab	0.684 b
S Sin árboles	0.438 a	0.629 ab	1.004 ab	1.388 a
Época (E)				
Invierno	0.289 a	0.532 a	0.886 a	1.201 a
Verano	0.339 a	0.436 a	0.718 a	0.820 b
Interacción (S x E)				
SSP Aliso + Invierno	0.469 a	0.693 a	1.200 a	1.539 ab
SSP Aliso + Verano	0.473 a	0.646 a	1.170 a	1.288 abc
SSP Pino + Invierno	0.224 bc	0.460 a	0.597 a	0.833 bcd
SSP Pino + Verano	0.124 c	0.168 a	0.227 a	0.356 d
SSP Ciprés + Invierno	0.150 c	0.514 a	0.995 a	1.209 abc
SSP Ciprés + Verano	0.356 abc	0.436 a	0.734 a	0.735 cd

SSP Pona + Invierno	0.179	c	0.306	a	0.577	a	0.742	cd
SSP Pona + Verano	0.290	abc	0.359	a	0.512	a	0.626	cd
S Sin árboles + Invierno	0.425	ab	0.688	a	1.062	a	1.680	a
S Sin árboles + Verano	0.453	ab	0.568	a	0.946	a	1.095	abcd

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativa según la prueba Tukey ($p < 0,05$).

En la Figura 64, se puede observar la variabilidad en el rendimiento de materia verde en diferentes sistemas, días de corte y época del año, teniendo como resultado, en época de invierno en todos los sistemas muestra un rendimiento ascendente, con una mayor variabilidad de los datos en los sistemas aliso, ciprés y pona; mientras que los sistemas pino y sin árboles presentan variables más homogéneas con un mayor rendimiento el sistema sin árboles, seguido del aliso y el sistema con bajo rendimiento fue la pona. Cuando analizamos época de verano se observa una evolución del rendimiento, pero menos acentuada, con variables homogéneas en todos los sistemas, destacando un mayor crecimiento el aliso a los 60 y 75 días, seguido del sistema sin árboles y con menor producción fue el pino.

En cuanto al factor época podemos indicar que, en invierno existe un mayor rendimiento de materia verde en todos los sistemas, esto se debe a la precipitación constante lo que permite un adecuado rendimiento de las pasturas como rye gras + trébol y el pasto ovillo, mientras que en verano el rendimiento disminuye considerablemente a efecto de la baja precipitación y radiación solar, sobresaliendo en las dos épocas en su rendimiento el aliso, seguido al sistema sin árboles y el sistema con menor rendimiento fue el pino.

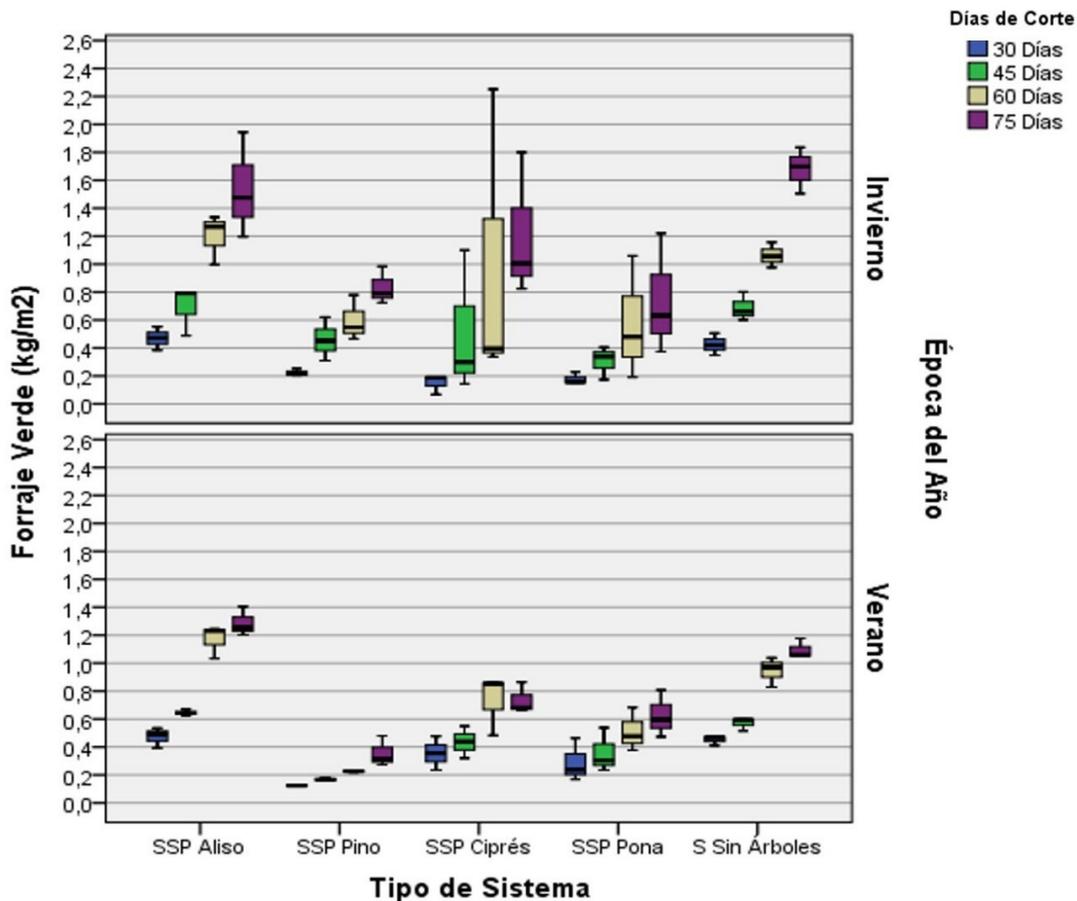


Figura 64. Evaluación de materia verde en diferentes días de corte y época.

3.4.3. Evaluación de materia seca

En la Tabla 25, se puede observar el análisis de varianza con la F calculada y el p-valor, para determinar el grado de significancia ($P < 0,05$), sobre el contenido de materia seca que muestra los sistemas en diferentes épocas de corte, teniendo como resultado que, a los 30, 60 y 75 días existe una diferencia significativa en el rendimiento de materia seca entre sistemas con valores de 0,0000**, 0,0061** y 0,0003** y para 45 días es significativo con un valor de 0,0104*; en la variable época es significativo a los 30 días con valor de 0,00148*, para los 45, 60 y 75 no es significativo; en la variable sistema por época para 30 días es altamente significativo con valores de 0,0072** y para los 45, 60 y 75 días no es significativo.

Tabla 25. Análisis de varianza del contenido de materia seca en las pasturas (kg/m²)

Días	Fuente de Variación	Análisis de Varianza		Coeficiente de Variación	Nivel de Significancia
		F	P		
30	Sistema	12.34	0.0000 **	28.09	Altamente Significativo
	Época	7.11	0.0148 *	28.09	Significativo
	Sistema*Época	4.78	0.0072 **	28.09	Altamente Significativo
45	Sistema	4.39	0.0104 *	38.17	Significativo
	Época	0.40	0.5362 ns	38.17	No Significativo
	Sistema*Época	1.58	0.2192 ns	38.17	No Significativo
60	Sistema	4.96	0.0061 **	41.85	Altamente Significativo
	Época	1.93	0.1800 ns	41.85	No Significativo
	Sistema*Época	0.51	0.7325 ns	41.85	No Significativo
75	Sistema	8.80	0.0003 **	32.82	Altamente Significativo
	Época	0.25	0.6250 ns	32.82	No Significativo
	Sistema*Época	1.38	0.2766 ns	32.82	No Significativo

ns: No Significativo *: Significativo (p<0,05) **: Altamente Significativo (p<0,01)

En la Tabla 26, se puede observar la comparación de medias realizada con Tukey al 95%, para analizar el efecto del tipo de sistema y época del año sobre el rendimiento de materia seca, con la finalidad de analizar su interacción considerando las variables sistema, época y sistema por época, teniendo como resultado en el sistema que, a los 30 y 75 días las medias se distribuyen en dos grupos diferentes sobresaliendo el aliso con 0,265 kg/m², seguido del sistema sin árboles con 0,253 kg/m² y a los 45 a 60 días las medias forman tres grupos diferentes con mejores resultados el sistema sin árboles, recuperándose rápidamente el aliso a los 60 días con valor de 0,198 kg/m², esto indica que la cobertura del árbol influye en el rendimiento de materia seca conforme avanza el crecimiento de las pasturas.

En el factor época se puede observar que, las medias son diferentes estadísticamente teniendo un mayor rendimiento en época de verano desde los 30 a 60 días con rendimientos que van desde 0,0071 a 0,164 kg/m², pero que al final del crecimiento 75 días las pasturas en época de invierno llegan a recuperar su contenido de materia seca con un valor de 0,194 kg/m². Así mismo, podemos observar que existe solo a los 30 días diferencia estadística entre las medias mas no a los 45 a 75 días de producción.

El análisis de la interacción sistema por época muestra que, a los 30 días de acuerdo a las medias se forman cinco grupos diferentes estadísticamente, sobresaliendo en su producción de materia seca el sistema sin árboles, época de verano, con un rendimiento

de 0,106 kg/m²; a los 45 días se forma tres grupos diferentes, donde el sistema sin árboles, en época de verano presenta un valor de 0,170 kg/m²; a los 60 días se observa un solo grupo con mejores valores, época de invierno al aliso con 1,180 kg/m² y a los 75 días se observa cinco grupos con un mayor rendimiento al pino en época de invierno con 0,970 kg/m², esto se debe a que, en la época de invierno existe una mayor producción de pasto y por lo tanto representa un mayor rendimiento de materia seca.

Tabla 26. Análisis de la materia seca en diferentes días de corte

Sistemas (S)	Materia Seca (kg/m ²)			
	30 Días	45 Días	60 Días	75 Días
SSP Aliso	0.086 a	0.123 ab	0.198 a	0.265 a
SSP Pino	0.032 b	0.062 b	0.070 b	0.084 c
SSP Ciprés	0.051 b	0.099 ab	0.168 ab	0.191 abc
SSP Pona	0.051 b	0.089 ab	0.110 ab	0.149 bc
SSA Sin árboles	0.090 a	0.152 a	0.196 a	0.253 ab
Época (E)				
Invierno	0.054 b	0.100 a	0.133 a	0.194 a
Verano	0.071 a	0.110 a	0.164 a	0.183 a
Interacción (S x E)				
SSP Aliso + Invierno	0.096 a	0.128 ab	0.180 a	0.294 a
SSP Aliso + Verano	0.077 ab	0.118 ab	0.216 a	0.236 abc
SSP Pino + Invierno	0.039 bc	0.083 ab	0.084 a	0.097 bc
SSP Pino + Verano	0.025 c	0.041 b	0.055 a	0.072 c
SSP Ciprés + Invierno	0.033 bc	0.100 ab	0.150 a	0.226 abc
SSP Ciprés + Verano	0.069 abc	0.098 ab	0.185 a	0.156 abc
SSP Pona + Invierno	0.026 c	0.057 ab	0.082 a	0.112 bc
SSP Pona + Verano	0.076 abc	0.121 ab	0.139 a	0.185 abc
SSA Sin árboles + Invierno	0.074 abc	0.134 ab	0.166 a	0.241 abc
SSA Sin árboles + Verano	0.106 a	0.170 a	0.226 a	0.264 ab

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba Tukey (p<0,05).

En la Figura 65, se puede observar el rendimiento de materia seca en diferentes sistemas, días de corte y época, teniendo como resultado, en invierno todos los sistemas muestra un rendimiento ascendente, con una mayor variabilidad de los datos el aliso, ciprés, pona y sin árboles; mientras que el sistema con pino presenta variables más homogéneas; así mismo, podemos observar y destacar que, el aliso y el sistema sin árboles tiene un rendimiento muy pronunciado a los 75 días, esto posiblemente se debe a la entrada de luz que permite una mayor fotosíntesis y rendimiento de las pasturas; teniendo el sistema con mayor rendimiento al aliso, seguido del sistema sin árboles, y el sistema con bajo rendimiento fue el pino. Cuando analizamos época de verano se observa un rendimiento

muy pronunciada con variables homogéneas en todos los sistemas, destacando un mayor crecimiento a los 60 y 75 días los sistemas aliso y sin árboles y el sistema con menor rendimiento fue el pino.

Analizando el factor época, podemos indicar que, en invierno existe un mayor rendimiento de materia seca en todos los sistemas; sin embargo, cuando lo comparamos con la época de verano esta diferencia no es significativa, posiblemente se debe a que, en verano a pesar que existe una menor producción de forraje las pasturas tienen un mayor contenido de materia seca, producto de la radiación solar que permite incrementar su rendimiento; sobresaliendo en las dos épocas en su rendimiento el aliso, seguido al sistema sin árboles y con menor rendimiento fue el pino.

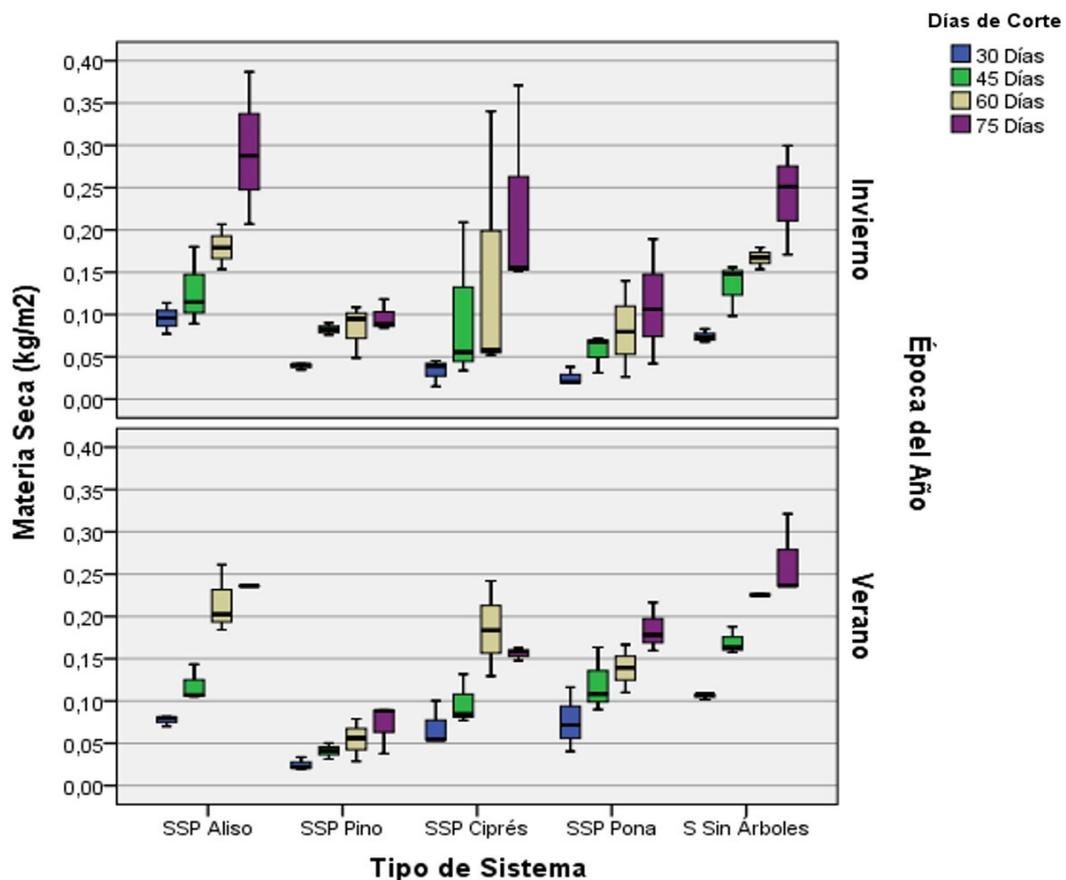


Figura 65. Evaluación de materia seca en diferentes días de corte y época.

3.4.4. Evaluación de la composición florística

En la presente sección se describe la composición florística que lo compone a los diferentes SSP y SSA, considerando el contenido de gramíneas, leguminosas, malezas y suelo desnudo que presentan cada uno de ellos, con la finalidad de conocer su distribución

y composición que prosperan en diferentes épocas del año. Además, podremos conocer las principales especies y el porcentaje de abundancia que tiene cada familia de especies identificadas en cada sistema.

En la Figura 66, muestra la distribución porcentual de la composición florística del sistema silvopastoril y el sistema sin árboles en época de invierno, donde existe alta precipitación de lluvia. Teniendo como resultado que, en las gramíneas existe un mayor porcentaje en el sistema con aliso y ciprés 48 y 49% y el más bajo fue el sistema sin árboles 40% estas gramíneas estuvieron constituidas principalmente por rye gras, pasto ovillo, kikuyo, nudillo y necarión; con referencia a las leguminosas el mayor contenido lo tiene el sistema con aliso y ciprés 16 y 15% y el más bajo o nulo el sistema con pona 0%, siendo la principal especie el trébol blanco; en las malezas el mayor contenido lo tiene el sistema con pona 49% seguido del sistema sin árboles 43% y el menor contenido lo tiene el sistema con ciprés; en el suelo desnudo se tiene una mayor cantidad de área al sistema pino seguido del ciprés con 19 y 16%, esto se debe posiblemente al efecto que causa la caída de hojas del árbol impidiendo el crecimiento de las pasturas y el sistema con área desnuda más baja fue aliso con 4%.

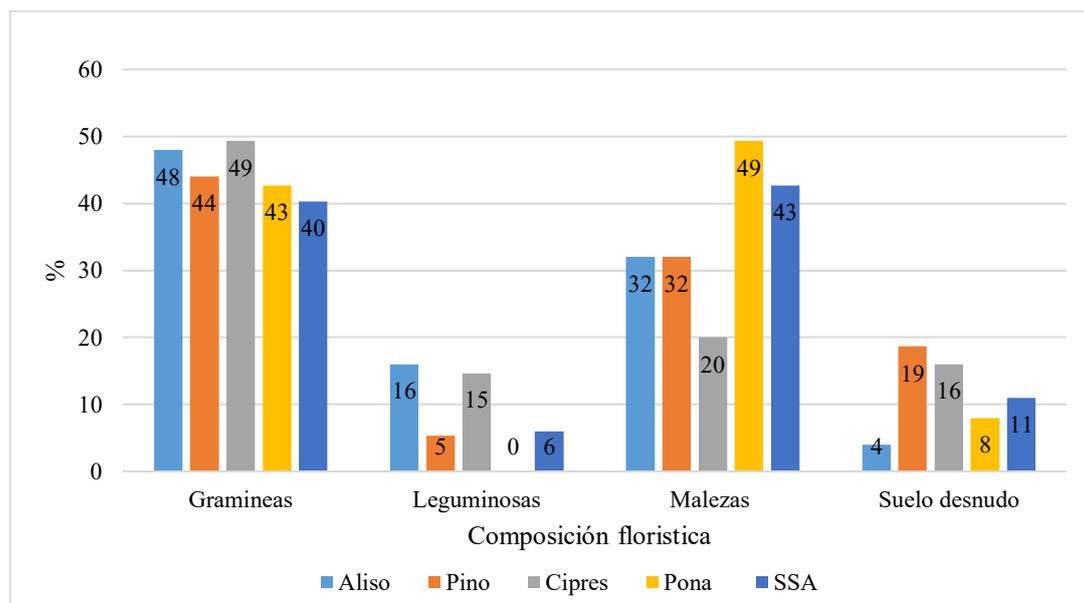


Figura 66. Composición florística de diferentes sistemas época de invierno.

En la Figura 66, se puede observar la cobertura de la composición florística en época de invierno en todos los sistemas evaluados tanto sistema silvopastoril como sistema sin

árboles; teniendo como resultado que el 53% de cobertura está compuesto por pasturas, seguido de un 35% de malezas y 12% de suelo desnudo.

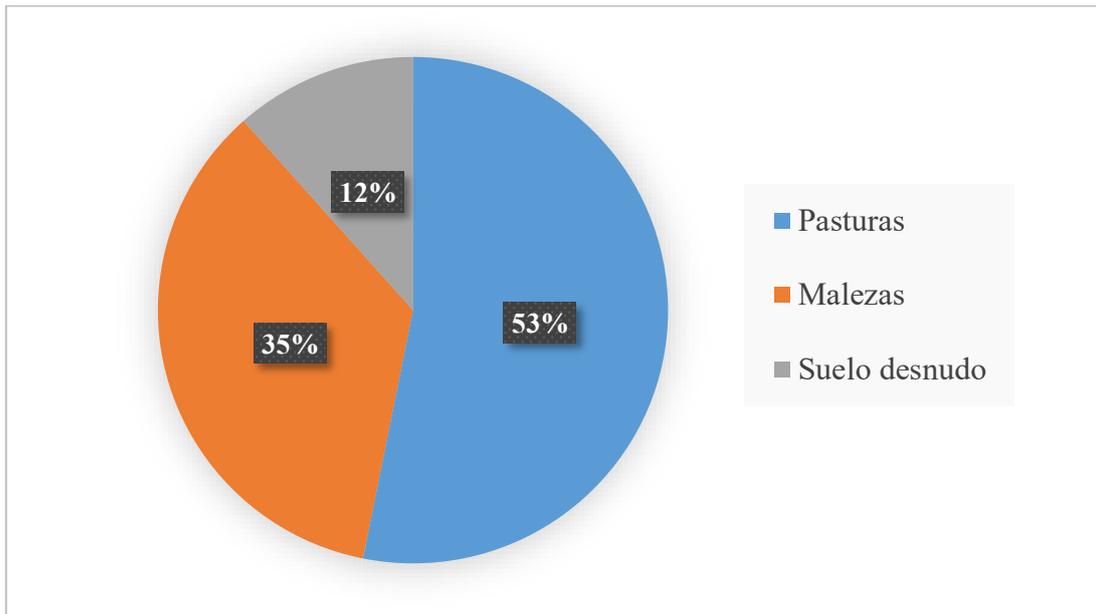


Figura 67. Porcentaje de cobertura de la composición florística en época de invierno.

En la Tabla 27, se puede observar las principales especies de gramíneas, leguminosas y malezas, distribuidas en los diferentes sistemas evaluados en época de invierno, teniendo como resultado que, en esta época existe una mayor cantidad de malezas con un total de 08 especies de pastos y 26 especies malezas, siendo las especies con mayor abundancia en pasturas el *Dactylis glomerata* con 19%, seguido del *Lolium multiflorum* con 12% y el *Trifolium repens* con 9%; en las malezas destaca es la *Cyperus sp.* con un 5%, seguido del *Paspalidium geminatum*, con un 5%, *Sporobolus indicus* con un 5%, *Rumex obtusifolius* con 4% y *Acmella oppositifolia* con 4%. Así mismo, podemos observar que la familia con mayor presencia de pasturas en los sistemas evaluados fue la Poaceae y en las malezas la Asteraceae.

Tabla 27. Principales especies de pasturas y malezas época de invierno

Especie	Familia	Nombre común	Nombre científico	Abundancia (%)
Gramíneas y leguminosas	Poaceae	Rye grass italiano	<i>Lolium multiflorum</i>	12
	Poaceae	Rye grass ingles	<i>Lolium perenne</i>	1
	Poaceae	Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	4
	Poaceae	Pasto ovilla	<i>Dactylis glomerata L.</i>	19
	Poaceae	Gramma colorada	<i>Brachiaria brizantha</i>	5
	Poaceae	Necarión	<i>Setaria sphacelata</i>	2
	Poaceae	Nudillo	<i>Paspalidium sp. Stapf</i>	1
	Fabaceae	Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i>	9
Malezas	Polygonaceae	Lengua de vaca	<i>Rumex obtusifolius</i>	4
	Plantaginaceae	Sacha llantén	<i>Plantago lanceolata L.</i>	1
	Cyperaceae	Pirí pirí	<i>Cyperus sp. L.</i>	5
	Asteraceae	Mata pasto	<i>Pseudelephantopus spiralis (Less</i>	3
	Lythraceae	Duraznillo	<i>Cuphea strigulosa Kunth</i>	1
	Araliaceae	Sombrilla	<i>Hydrocotyle humboldtii A. Rich.</i>	1
	Cyperaceae	Totorilla	<i>Eleocharis geniculata (L.) Roem. & Schult.</i>	2
	Vernaceae	Confite	<i>Lantana scambiosiflora</i>	1
	Poaceae	Pata de gallina	<i>Paspalidium geminatum (Forssk.) Stapf</i>	5
	Poaceae	Burrillo	<i>Sporobolus indicus (L.) R. Br.</i>	5
	Thelypteridaceae	Helecho	<i>Thelypterys sp. Schmidel</i>	1
	Polygonaceae	Lecherita	<i>Polygonum hydropiperoides Michx.</i>	1
	Linaceae	Lino	<i>Linum prostratum Dombey ex Lam.</i>	1
	Asteraceae	Diente de león	<i>Taraxacum officinale F.H. Wigg</i>	1
	Asteraceae	Botoncillo	<i>Acmella oppositifolia (Lam.) R.K. Jansen</i>	4
	Ranunculaceae	Centella	<i>Ranunculus praemorsus Humb.,</i>	1
	Primulaceae	Albahaca silvestre	<i>Anagallis arvensis</i>	1
	Iridaceae	Lirio	<i>Sisyrinchium convolutum Nocca</i>	1
	Asteraceae	Cadillo	<i>Bidens pilosa L.</i>	1
	Talinaceae	Angusacha	<i>Talinum paniculatum (Jacq.) Gaertn.</i>	1
	Asteraceae	Peludilla	<i>Gamochaeta coarctata (Willd.) Kerguelen</i>	1
	Linaceae	Lino	<i>Linum prostratum Dombey ex Lam.</i>	1
	Verbenaceae	Verbena	<i>Verbena littoralis</i>	1
	Gentianaceae	Centarium	<i>Centarium quitense</i>	1
	Equisetaceae	Cola de caballo	<i>Equisetum giganteum</i>	1
	Asteraceae	Aromática	<i>Ageratina azangaroensis</i>	1

En la Figura 68, muestra la distribución porcentual de la composición florística del sistema silvopastoril y el sistema sin árboles en época de verano. Teniendo como resultado que, en las gramíneas existe un mayor porcentaje en el sistema con pino con 52%, seguido del ciprés y aliso 48 y 45% y el más bajo fue el sistema con pona 20%. En cuanto a las leguminosas se observa una mayor producción al aliso, seguido del ciprés con 24 y 17% y el sistema con menor cantidad fue la pona con 7%; en las malezas el sistema con una mayor cantidad fue la pona seguido del sistema sin árboles con 53 y 44%; con respecto al suelo desnudo se puede observar que el sistema con ciprés tiene 20% y el más bajo fue el aliso 9%. Estos resultados indican que la época afecta el rendimiento productivo de las gramíneas y leguminosas, incremento de malezas y área desnuda debido a la baja precipitación.

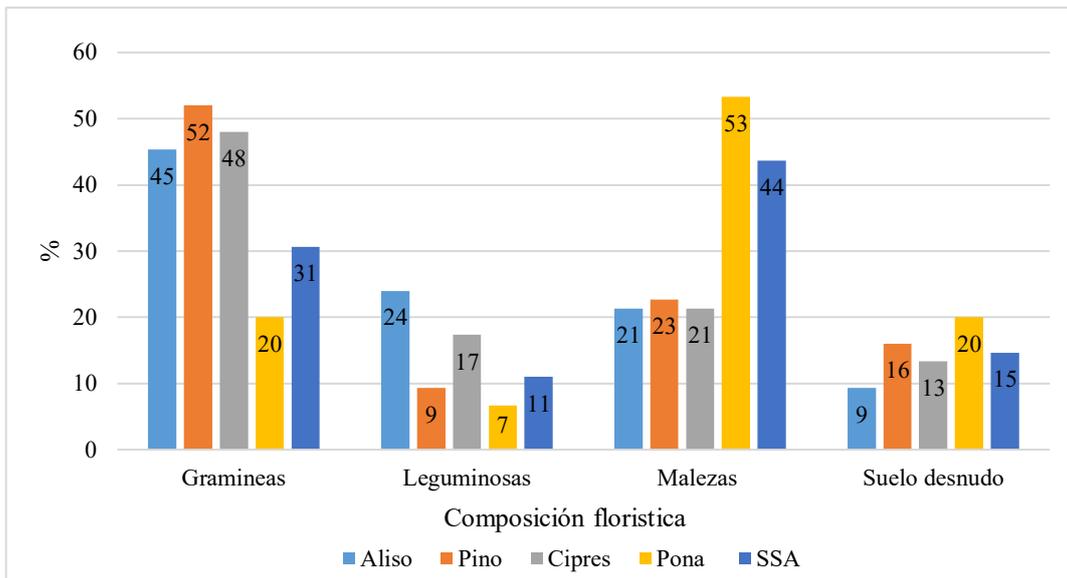


Figura 68. Composición florística de diferentes sistemas en época de verano.

En la Figura 69, se puede observar la cobertura de la composición florística en época de verano en todos los sistemas evaluados tanto sistema silvopastoril como sistema sin árboles; teniendo como resultado que el 53% de cobertura está compuesto por pasturas, presentando una disminución de 32% de malezas y aumento del suelo desnudo con 15%, por efecto de la ausencia de lluvias e incremento de la temperatura.

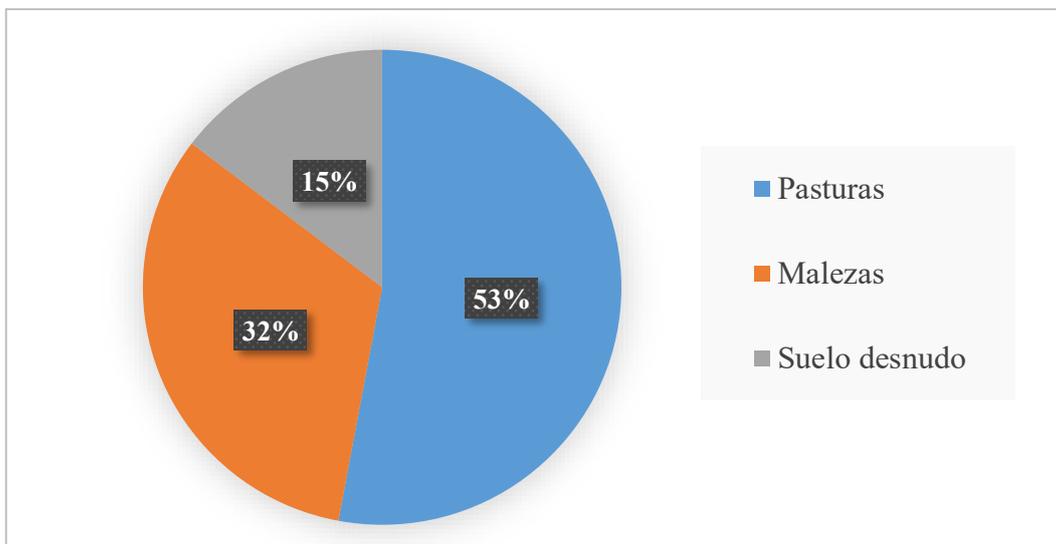


Figura 69. Porcentaje de cobertura de la composición florística en época de verano.

En la Tabla 28, se puede observar las principales especies de pasturas y malezas, distribuidas en los diferentes sistemas evaluados en época de verano, teniendo como resultado que, en esta época existe una mayor cantidad de pasturas con 9 especies, y con

relación a la cantidad de malezas es menor con un total de 20 especies, siendo las especies con mayor abundancia en pasturas: pasto ovillo con 20%, trébol 17% y rye grass 10%; en las malezas la *Rumex obtusifolius* con 9%, seguida de las especies *Cyperus sp.* y *Paspalidium geminatum*, con un 5%, y en menor cantidad pero no menos importante es el *Plantago lanceolata L.*, *Sporobolus indicus* y *Acmella oppositifolia* con un 3%. Así mismo, podemos observar que la familia con mayor presencia en los sistemas evaluados para las pasturas fue la Poaceae seguido de la Fabaceae y en malezas Polygonaceae, seguido de la Poaceae.

Tabla 28. Principales especies de pasturas y malezas época de verano

Especie	Familia	Nombre común	Nombre científico	Abundancia (%)
Gramíneas y leguminosas	Poaceae	Rye grass italiano	<i>Lolium multiflorum</i>	10
	Poaceae	Rye grass ingles	<i>Lolium perenne</i>	1
	Poaceae	Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	6
	Poaceae	Pasto ovillo	<i>Dactylis glomerata L.</i>	20
	Poaceae	Gramma colorada	<i>Brachiaria brizantha</i>	1
	Poaceae	Nicarión	<i>Setaria sphacelata</i>	1
	Poaceae	Nudillo	<i>Paspalidium sp. Stapf</i>	1
	Fabaceae	Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i>	17
	Fabaceae	Lino	<i>Paspalum bonplandianum Flugge</i>	1
Malezas	Polygonaceae	Lengua de vaca	<i>Rumex obtusifolius</i>	9
	Plantagnaceae	Sacha llantén	<i>Plantago lanceolata L.</i>	3
	Cyperaceae	Pirí pirí	<i>Cyperus sp. L.</i>	5
	Asteraceae	Mata pasto	<i>Pseudelephantopus spiralis (Less.)</i>	1
	Lythraceae	Duraznillo	<i>Cuphea strigulosa Kunth</i>	1
	Araliaceae	Sombrilla	<i>Hydrocotyle humboldtii A. Rich.</i>	1
	Cyperaceae	Totorilla	<i>Eleocharis geniculata (L.) Roem.</i>	1
	Vervenaceae	Confite	<i>Lantana scambiosiflora</i>	1
	Poaceae	Pata de gallina	<i>Paspalidium geminatum (Forssk.)</i>	5
	Poaceae	Burrillo	<i>Sporobolus indicus (L.) R. Br.</i>	3
	Thelypteridaceae	Helecho	<i>Thelypterys sp. Schmidel</i>	1
	Polygonaceae	Lecherita	<i>Polygonum hydropiperoides Michx.</i>	1
	Linaceae	Lino	<i>Linum prostratum Dombey ex Lam.</i>	1
	Asteraceae	Diente de león	<i>Taraxacum officinale F.H. Wigg</i>	1
	Asteraceae	Botoncillo	<i>Acmella oppositifolia (Lam.)</i>	3
	Ranunculaceae	Centella	<i>Ranunculus praemorsus Humb.</i>	1
	Primulaceae	Albahaca silvestre	<i>Anagallis arvensis</i>	1
	Iridaceae	Lirio	<i>Sisyrinchium convolutum NoCCA</i>	1
	Asteraceae	Cadillo	<i>Bidens pilosa L.</i>	1
	Talinaceae	Angusacha	<i>Talinum paniculatum (Jacq.) Gaertn.</i>	1

3.4.5. Evaluación de la composición nutricional y digestibilidad de pasturas.

En la Tabla 29, se puede observar el análisis de varianza con la F calculada y el p-valor, para determinar el grado de significancia ($P < 0,05$), de la composición nutricional y digestibilidad de las pasturas en diferentes sistemas y época, donde fueron analizados seis valores nutricionales, que ayuden a definir su contenido. Teniendo como resultado que,

en el contenido de PC en todas las variables no existe diferencia significativa; en el contenido de FC en época si existe una diferencia altamente significativa con valores de 0,0003** y las variables sistema y sistema por época no significativo; en FDN en sistema y época existe diferencia altamente significativa con valores de 0,0014** y 0,0003**, pero cuando se analiza la interacción sistema por época no es significativo; en EE en época existe diferencia altamente significativa con un valor de 0,0000** y para las variables sistema y sistema por época no significativo; en el contenido de Cz en la variable sistema existe diferencia significativa con un valor de 0,0305* y cuando se analiza época y sistema por época no significativo; en cuanto a la digestibilidad en sistema es altamente significativo con valor de 0,0068**, para la variable época existe diferencia significativa con valor de 0,0355* y para la interacción sistema por época no existe diferencia significativa.

Tabla 29. Análisis de varianza de la composición nutricional y digestibilidad de pasturas

Parámetros	Fuente de Variación	Análisis de Varianza		Coeficiente de Variación	Nivel de Significancia
		F	P		
% PC	Sistema	2.23	0.1021 ns	19.17	No Significativo
	Época	0.49	0.4899 ns	19.17	No Significativo
	Sistema*Época	0.48	0.7520 ns	19.17	No Significativo
% FC	Sistema	0.13	0.9704 ns	6.84	No Significativo
	Época	19.42	0.0003 **	6.84	Altamente Significativo
	Sistema*Época	1.71	0.1880 ns	6.84	No Significativo
% FDN	Sistema	6.58	0.0014 **	7.69	Altamente Significativo
	Época	18.58	0.0003 **	7.69	Altamente Significativo
	Sistema*Época	0.51	0.7312 ns	7.69	No Significativo
% EE	Sistema	0.64	0.6383 ns	16.03	No Significativo
	Época	67.92	0.0000 **	16.03	Altamente Significativo
	Sistema*Época	1.31	0.3018 ns	16.03	No Significativo
% Cz	Sistema	3.33	0.0305 *	12.59	Significativo
	Época	0.55	0.4687 ns	12.59	No Significativo
	Sistema*Época	1.14	0.3648 ns	12.59	No Significativo
% DIV	Sistema	4.84	0.0068 **	9.68	Altamente Significativo
	Época	5.08	0.0355 *	9.68	Significativo
	Sistema*Época	0.01	0.9996 ns	9.68	No Significativo

ns: No Significativo *: Significativo (p<0,05) **: Altamente Significativo (p<0,01)

En la Tabla 30, se puede observar la comparación de medias realizada con Tukey al 95%, para el efecto del tipo de sistema, época y sistema por época sobre la composición nutricional y digestibilidad de las pasturas que crecen en los sistemas silvopastoriles comparados con el sistema sin árboles. Teniendo como resultados que, en sistemas la PC

no existe diferencia estadística, pero con valores sobresalientes el sistema con aliso 16,06% y el valor más bajo fue la pona con 11,83%; en cuanto a la FC no existe diferencia significativa con valores altos el sistema con pona 26,71% y el más bajo el sistema sin árboles 26,02%; en la FDN se puede observar diferencia estadística formando diferentes grupos, con el valor bajo el aliso 48,23% y valor alto el sistema con pona 59,33%, este factor indica que cuando más alto se encuentra la FDN el pasto es más fibroso y es menos digestible para los animales; en cuanto a G no existe diferencia significativa con valores altos en el sistema con pino, y el valor más bajo fue la pona con 2,34%; en Cz existe diferencia significativa entre sistema, con valores altos el sistema con Ciprés 9,64% y el más bajo el sistema con aliso 7,77%; con respecto a digestibilidad muestra que existe diferencia estadística formando grupos diferentes, sobresaliendo el sistema con aliso 66,14% y el sistema con valores bajos la pona con 52,87%.

Con respecto a la época se tiene como resultado que, en la PC y Cz, no existen diferencias estadísticas, con mejores valores la época de verano con 14,55 y 8,47%; Sin embargo, en los parámetros de FC y FDN existe diferencia estadística con mejores valores en verano 27,82% y 57,05%; en cuanto al contenido de G existe diferencia estadística con mejores valores época de verano 8,47% y en cuanto a la DIV se observa diferencia entre las medias, teniendo una mayor digestibilidad las pasturas en época de verano con 62,66%, esto se debe al efecto que causa la sombra del árbol para el ingreso de luz permitiéndole una adecuada fotosíntesis y crecimiento de las pasturas.

Referente a la interacción sistema por época, tenemos como resultado que, en PC no existe diferencia entre las medias, sobresaliendo en su producción al sistema aliso época de verano con 16,70% y el más bajo fue la pona con 10,65%; sin embargo, con referencia a la FC, FDN, G y Cz existe una diferencia estadística y formación de diferentes con medias diferentes, con mejores valores en FC al sistema pino en verano con 29,273% y el más bajo el pino en invierno con 23,48%; en FDN el sistema con valores más bajos fue la pona en verano con 62,93% y el más bajo el aliso en invierno con 46,06%, en G se tiene al sistema con pino en invierno con 3,26% y el más bajo el sistema con pona en verano con 1,44%, en Cz el sistema con valores altos fue el ciprés época invierno con 9,97% y el más bajo el aliso en invierno con 6,92%; en cuanto a la digestibilidad se observa que existe diferencia estadística entre las medias con mejores valores el sistema aliso en verano con 68,803% y el más bajo a la pona en invierno con 50,817%.

Tabla 30. Análisis de la composición nutricional y digestibilidad de las pasturas en los sistemas

Sistemas (S)	Análisis Nutricional					
	Proteína (%)	Fibra Cruda (%)	Fibra Detergente Neutra (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Digestibilidad (%)
SSP Aliso	16.06 ± 1.69 a	26.24 ± 2.90 a	48.23 ± 5.32 c	2.40 ± 0.57 a	7.77 ± 1.12 b	66.14 ± 5.83 a
SSP Pino	15.50 ± 4.44 a	26.38 ± 3.55 a	54.98 ± 5.66 abc	2.65 ± 0.80 a	8.02 ± 1.80 ab	57.41 ± 5.66 ab
SSP Ciprés	13.84 ± 2.15 a	26.51 ± 2.16 a	50.74 ± 4.16 bc	2.58 ± 0.59 a	9.64 ± 0.71 a	63.69 ± 6.21 a
SSP Pona	11.83 ± 2.06 a	26.71 ± 1.46 a	59.33 ± 5.12 a	2.34 ± 1.08 a	7.78 ± 0.66 b	52.87 ± 7.00 b
S Sin árboles	13.80 ± 1.35 a	26.02 ± 1.50 a	55.71 ± 5.92 ab	2.57 ± 0.73 a	8.43 ± 0.32 ab	61.19 ± 4.18 ab
Época (E)						
Invierno	13.85 ± 2.98 a	24.82 ± 1.14 b	50.54 ± 4.70 b	3.11 ± 0.47 a	8.18 ± 1.32 a	57.86 ± 6.49 b
Verano	14.55 ± 2.73 a	27.82 ± 2.25 a	57.05 ± 6.11 a	1.90 ± 0.31 b	8.47 ± 1.11 a	62.66 ± 7.33 a
Interacción (S x E)						
SSP Aliso + Invierno	15.417 a	24.667 ab	46.063 d	2.913 abc	6.917 b	63.470 ab
SSP Aliso + Verano	16.697 a	27.803 ab	50.390 bcd	1.887 cd	8.617 ab	68.803 a
SSP Pino + Invierno	14.820 a	23.477 b	51.817 abcd	3.263 a	8.207 ab	54.983 ab
SSP Pino + Verano	16.173 a	29.273 a	58.143 abc	2.043 bcd	7.830 ab	59.830 ab
SSP Ciprés + Invierno	14.670 a	24.913 ab	48.480 cd	2.967 abc	9.967 a	61.507 ab
SSP Ciprés + Verano	13.010 a	28.113 ab	52.990 abcd	2.190 abcd	9.307 ab	65.873 ab
SSP Pona + Invierno	10.647 a	26.350 ab	55.763 abcd	3.237 a	7.603 ab	50.817 b
SSP Pona + Verano	13.020 a	27.070 ab	62.903 a	1.443 d	7.953 ab	54.927 ab
S Sin árboles + Invierno	13.717 a	25.187 ab	50.593 bcd	3.180 ab	8.230 ab	58.513 ab
S Sin árboles + Verano	13.867 a	26.850 ab	60.833 ab	1.950 cd	8.639 ab	63.870 ab

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba Tukey ($p < 0,05$).

Con la finalidad de poder observar y analizar con mayor detalle la variabilidad de los datos obtenidos en campo sobre el contenido PC, FDN y DIV, se ilustrará gráficamente mediante cajas y bigotes procesados mediante software estadístico.

En la Figura 70, se puede observar el contenido de PC en diferentes sistemas y épocas de evaluación, teniendo como resultado que, en época de invierno muestra un contenido con mayor variabilidad de los datos en todos los sistemas, teniendo un rango de 9 a 19%, destacando su mayor contenido el aliso, seguido por el pino y con menor contenido la pona. Cuando analizamos la época de verano, también se observa una variabilidad de los datos en todos los sistemas, con un rango de 10,8 a 20,9%, destacando en su contenido el sistema con aliso, seguido por el pino, y el contenido más bajo fue el sistema con ciprés.

Comparando el contenido de proteína por época, podemos señalar que, en todos los sistemas existe una marcada variabilidad de los datos y una diferencia entre el contenido, destacando su producción de verano; sin embargo, observamos que los sistemas aliso y pino son los que mayor contenido han mostrado en las dos épocas, estos resultados indican que, el efecto del árbol es positivo debido a que mantiene la composición nutricional de las pasturas durante todo el año de producción.

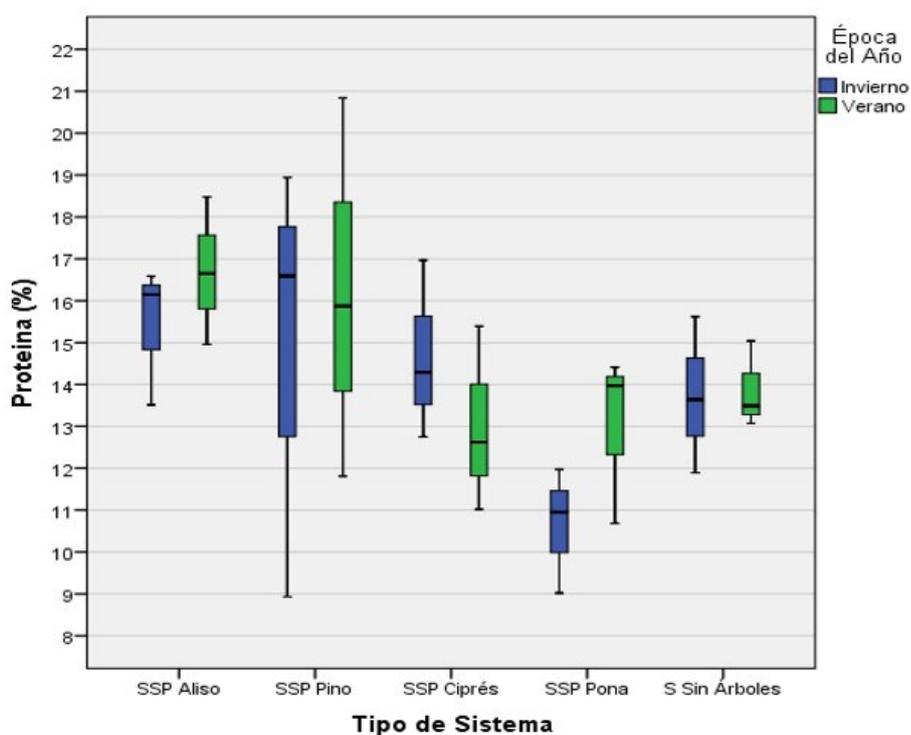


Figura 70. Evaluación de proteína en diferentes épocas y sistemas.

En la Figura 71, se puede observar la FDN en diferentes sistemas y época, teniendo como resultado que, en época de invierno los sistemas aliso y pona presenta una mayor variabilidad en los datos, comparados con los sistemas pino, ciprés y sin árboles, teniendo un porcentaje más elevado el sistema con pona, seguido por el pino y el menor porcentaje el ciprés. Cuando se analiza la época de verano, se observa también una mayor variabilidad en los datos en los sistemas aliso, pino y ciprés; sin embargo, los sistemas pona y sin árboles las variables son homogéneas, destacando en su contenido el sistema con pona, seguido por el sistema sin árboles, y el contenido más bajo fue el sistema con aliso.

Cuando analizamos el porcentaje de FDN por época, se puede observar que, en la época de verano existe un mayor porcentaje de FDN en las pasturas debido al contenido de fibra, disminuyendo su digestibilidad y aprovechamiento, destacando en las dos épocas con valores altos el sistema con pona, esto posiblemente se debe a que la pona no brinda sombra a las pasturas existiendo un mayor ingreso de luz y radiación solar durante el día permitiéndole un mejor crecimiento de las pasturas y el menor contenido fue el aliso presentando pasturas más succulentas con escasa fibra de fácil digestión para los animales.

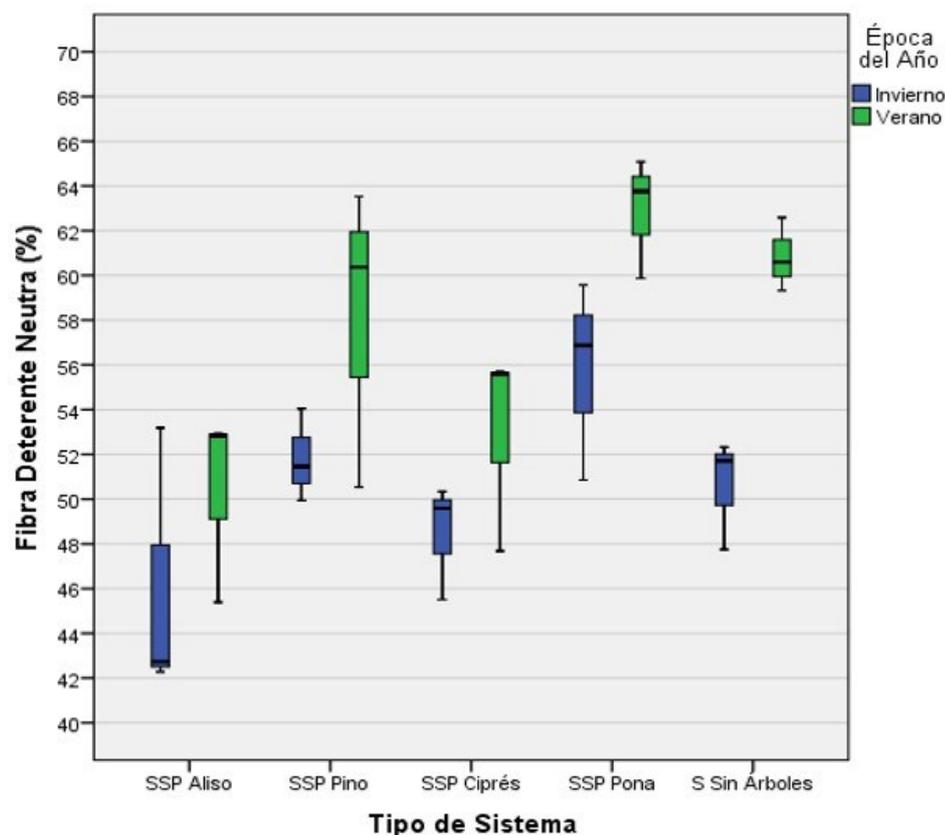


Figura 71. Evaluación de la fibra de detergente neutra en diferentes épocas y sistemas.

En la Figura 72, indica la digestibilidad *in vitro* de las pasturas que crecen en los diferentes sistemas silvopastoriles y época, teniendo como resultado que, en época de invierno los sistemas como aliso y pona, presenta una mayor variabilidad en los datos, comparados con los sistemas pino, ciprés y sin árboles que tienen variables más homogéneas, con un porcentaje más elevado el sistema con aliso, seguido por el ciprés y el menor porcentaje la pona, estos resultados se relacionan con el contenido de fibra, siendo los forrajes más digestibles aquellos que tienen menor FDN y con mayor contenido proteico. En la época de verano, se observa una mayor variabilidad en los datos en todos los sistemas, esto posiblemente se debe al tipo de pasto y la condición de crecimiento que tiene cada uno, así como al efecto que causa el árbol en el sistema, destacando en su porcentaje los sistemas como aliso y sin árboles, y el porcentaje más bajo fue el sistema con pona.

Con respecto a la variable época, se puede observar que, la época de verano destaca con una mayor digestibilidad, con mejores porcentajes en las dos épocas el sistema con aliso, esto posiblemente se debe a que, en este sistema las pasturas tienen un mejor composición nutricional y fibra, debido al efecto del árbol que permite un mayor ingreso de luz y radiación solar y el menor contenido fue la pona, debido a que presentan pasturas con mayor contenido de fibra, disminuyendo su digestibilidad.

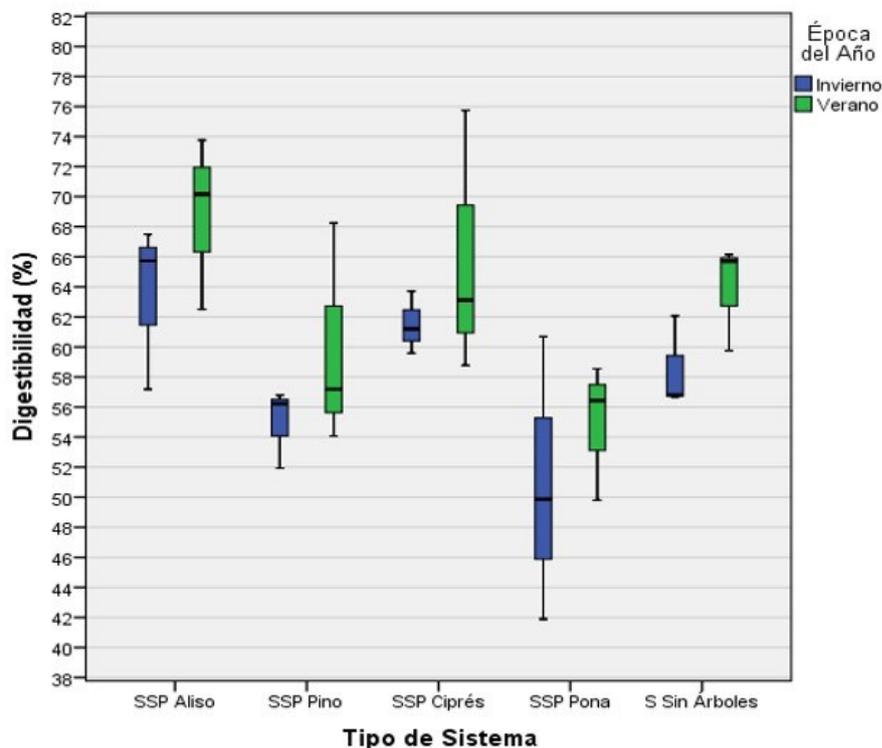


Figura 72. Evaluación de la digestibilidad in vitro en diferentes sistemas y época.

3.5. Determinar las reservas de carbono total en los diferentes sistemas

En la presente sección se realiza un análisis de los resultados sobre la retención de carbono que tiene los diferentes sistemas, sumando todos sus componentes tanto árbol, hojarasca, herbácea y suelo; así mismo, se analiza la relación del contenido del carbono total y la producción de CO₂ equivalente en cada sistema silvopastoril comparado con el sistema sin árboles.

3.5.1. Evaluación de reservas de carbono en suelo

En la Tabla 31, se puede observar el análisis de varianza con la F calculada y el p-valor, para determinar el grado de significancia ($P < 0,05$), del total de carbono por profundidad de suelo, teniendo como resultado que, en las variables sistema y sistema por época no existe una diferencia significativa, pero cuando se analiza la variable profundidad es altamente significativa con un valor de 0,0000**.

Tabla 31. Análisis de varianza de total de carbono/profundidad (Tm/ha)

Variable	Fuente de Variación	Análisis de Varianza		Coeficiente de Variación	Nivel de Significancia
		F	P		
Total de Carbono/Prof.	Sistema	1.72	0.1854 ns	26.42	No Significativo
	Profundidad	98.48	0.0000 **	26.42	Altamente Significativo
	Sistema*Prof.	0.32	0.8582 ns	26.42	No Significativo

ns: No Significativo *: Significativo ($p < 0,05$) **: Altamente Significativo ($p < 0,01$)

En la Tabla 32, se puede observar la comparación de medias realizada con Tukey al 95%, para analizar el efecto del tipo de sistema por profundidad y la interacción de sistema por profundidad del contenido de carbono en el suelo; teniendo como resultado que, en el sistema no existe diferencia entre las medias, sobresaliendo con mejor contenido el sistema con pino 74,525 Tm/ha y el menor valor 58,640 Tm/ha.

De acuerdo a la profundidad se puede observar que existe diferencia estadística entre la profundidad con mayores reservas de carbono en los primeros 15 cm con 91,510 Tm/ha y una menor cantidad acumulada de carbono de 32,264 Tm/ha.

Sobre la interacción del sistema por profundidad se puede observar que existe diferencia estadística con medias diferentes en todos los sistemas y profundidad, teniendo una mayor

acumulación de carbono total en el sistema con pino con un valor de 108,85 Tm/ha a una profundidad de 0 – 15 cm y el menor valor lo obtuvo el aliso con 24,57 Tm/ha a una profundidad de 15 a 30 cm.

Tabla 32. Análisis del carbono por profundidad en el suelo.

Sistema (S)	Total de Carbono (Tm/ha)
SSP Aliso	50.648 a
SSP Pino	74.525 a
SSP Ciprés	58.640 a
SSP Pona	60.817 a
S Sin árboles	64.805 a
Profundidad (P)	
0 - 15 cm	91.510 a
15 - 30 cm	32.264 b
Interacción (S x P)	
SSP Aliso + 0 - 15 cm	76.73 abc
SSP Aliso + 15 - 30 cm	24.57 d
SSP Pino + 0 - 15 cm	108.85 a
SSP Pino + 15 - 30 cm	40.20 bcd
SSP Ciprés + 0 - 15 cm	84.66 ab
SSP Ciprés + 15 - 30 cm	32.62 cd
SSP Pona + 0 - 15 cm	93.56 a
SSP Pona + 15 - 30 cm	28.08 d
S Sin árboles + 0 - 15 cm	93.76 a
S Sin árboles + 15 - 30 cm	35.85 cd

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencia estadísticamente significativa según la prueba Tukey ($p < 0,05$).

En la Figura 73, se puede observar el contenido carbono en el suelo a diferentes profundidades y sistemas, teniendo como resultado que, a una profundidad de 0 -15 cm existe un mayor contenido de carbono pero con mayor variabilidad de datos en los sistema como pino y pona, mientras que los sistemas aliso, ciprés y sin árboles, tienen variables más homogéneas, destacando en su contenido de carbono el sistema con pino y el menor contenido el aliso, estos resultados posiblemente se deben a que, el sistema como pino tienen una mayor caída de hojas creando una capa superficial de materia orgánica. En la profundidad de 15 a 30 cm, existe un menor contenido de carbono, con variabilidad en los datos en el sistema pino, ciprés y pona, mientras que el sistema aliso y sin árboles

presentan variables homogéneas, destacando en el contenido el sistema sin árboles, y con menor contenido el aliso.

Comparando las dos profundidades de suelo respecto al total de carbono, se puede observar que, el sistema que sobresale en su contenido es el pino, esto posiblemente se debe a que, el pino en su etapa de crecimiento produce mayor contenido de hojarasca acumulando una capa de material que permanentemente incorpora nutrientes al suelo.

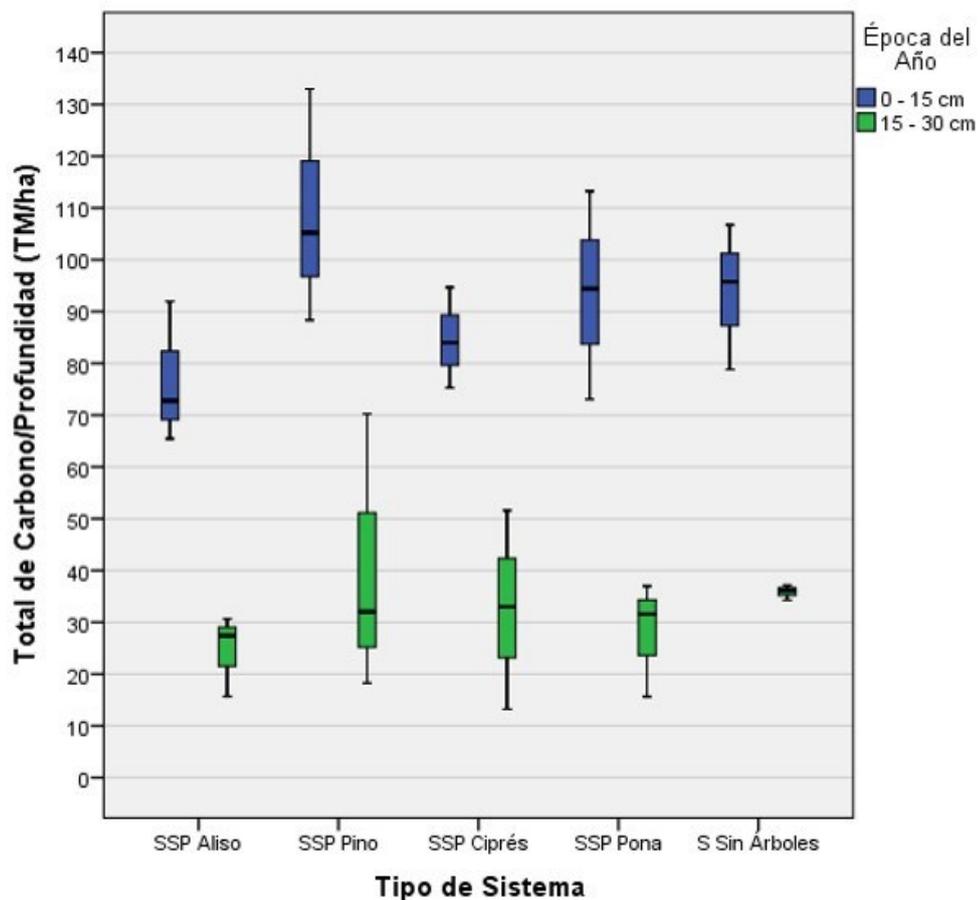


Figura 73. Evaluación del carbono en el suelo a diferentes profundidades.

3.5.2. Evaluación de las reservas de carbono en los sistemas

En la Tabla 33, se puede observar el análisis de varianza con la F calculada y el p-valor, para determinar el grado de significancia ($P < 0,05$), sobre la retención del carbono total, acumulado en los sistemas, teniendo como resultado que, en la biomasa total de los arbustos existe una diferencia altamente significativa entre SSP, con valor de $0,0050^{**}$, en cuanto al carbono de la biomasa existe una diferencia altamente significativa con un

valor de 0,0038**, sobre el carbono del suelo existe una diferencia altamente significativa con un valor de 0,0001**, todos estas variables tienen relación directa con el carbono total, teniendo como resultado una diferencia altamente significativa con valor de 0,0019** y el contenido de CO₂ existe una diferencia altamente significativa con un valor de 0,0019**, haciendo una diferencia en el contenido total en todos los sistemas evaluados.

Tabla 33. Análisis de varianza del carbono total en los sistemas

Variables	Fuente de Variación	Análisis de Varianza		Coeficiente de Variación	Nivel de Significancia
		F	P		
Biomasa Total (Tm/ha)	Sistema	5.80	0.0050 **	77.53	Altamente Signif.
Carbono Biomasa (Tm/ha)	Sistema	6.18	0.0038 **	84.09	Altamente Signif.
Carbono suelo (Tm/ha)	Sistema	13.92	0.0001 **	7.58	Altamente Signif.
Carbono total (Tm/ha)	Sistema	7.24	0.0019 **	13.95	Altamente Signif.
CO ₂ retenido (Tm/ha)	Sistema	7.24	0.0019 **	13.95	Altamente Signif.

ns: No Significativo *: Significativo (p<0,05) **: Altamente Significativo (p<0,01)

En la Tabla 34, se puede observar la comparación de medias realizada con Tukey al 95%, para analizar el efecto del tipo de sistema sobre el total de carbono retenido en los sistemas silvopastoriles y sistema sin árboles. Teniendo como resultado que, en la biomasa total existe diferencia estadística entre sistemas con cantidades sobresalientes a la pona 101,980 Tm/ha y el sistema que obtuvo la cantidad más bajo fue el aliso con 16,298 Tm/ha.

Con respecto al carbono en la biomasa se tiene como resultado que, existe diferencia estadística entre sistemas, con cantidades altas el sistema con pona 57,860 Tm/ha y el valor más bajo fue el aliso con una cantidad de 6,845 Tm/ha.

Con respecto al carbono en el suelo existe una diferencia estadística entre sistema con cantidades superiores al sistema con pino 149,05 Tm/ha y el sistema que obtuvo una menor cantidad fue al aliso con 101,30 Tm/ha.

Con respecto al carbono total retenido en el sistema se puede observar que existe diferencia estadística entre sistemas con cantidades sobresalientes al sistema con Pino con 179,49 y la cantidad más baja lo obtuvo el sistema con aliso con 108,15 Tm/ha, este

resultado indica que la pona es el sistema que mayor carbono retiene debido a la edad y altura que presenta los árboles.

Finalmente, observamos a la cantidad de CO₂ retenido en los sistemas silvopastoriles, existe diferencia estadística entre sistemas con mejor retención al sistema con pona de 658 Tm/ha y el sistema que obtuvo la menor cantidad fue el aliso con 396,46 Tm/ha.

Tabla 34. Análisis del carbono total en los diferentes sistemas

Sistema (S)	Carbono Total en los Sistemas Silvopastoriles y Sin Árboles				
	Biomasa Total (Tm/ha) ¹	Carbono Biomasa (Tm/ha) ²	Carbono Suelo (Tm/ha) ³	Carbono Total (Tm/ha) ⁴	CO ₂ Retenido (Tm/ha) ⁵
SSP Aliso	16.298 ± 2.70 b	6.845 ± 1.13 b	101.30 ± 5.96 c	108.15 ± 6.72 c	396.46 ± 24.63 c
SSP Pino	27.398 ± 14.92 b	11.700 ± 6.37 b	149.05 ± 15.27 a	160.75 ± 12.73 ab	589.30 ± 46.68 ab
SSP Ciprés	65.623 ± 17.29 ab	32.813 ± 8.65 ab	117.28 ± 8.19 bc	150.09 ± 15.46 abc	550.22 ± 56.68 abc
SSP Pona	101.980 ± 71.02 a	57.860 ± 40.29 a	121.63 ± 5.22 bc	179.49 ± 39.45 a	658.00 ± 144.62 a
S Sin árboles	4.025 ± 0.93 b	1.720 ± 0.40 b	129.61 ± 8.77 ab	131.33 ± 8.45 bc	481.44 ± 30.99 bc

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba Tukey (p<0,05).

- (¹) La biomasa total es la sumatoria del componente arbóreo, hojarasca y herbácea por cada sistema silvopastoril y para el sistema sin árboles es la herbácea.
- (²) El factor usado fue diferente para cada sistema: aliso 0,420, pino 0,427, ciprés 0,500, pona 0,5674 y SSA 0,427, valores que fueron obtenidos de investigaciones del carbono en el tejido vegetal de las mismas especies forestales y arbustivas.
- (³) El carbono total del suelo es la sumatoria de las dos profundidades.
- (⁴) El carbono total es la suma del carbono del suelo más el carbono de la biomasa.
- (⁵) El factor de conversión 3,666 es resultado de la división entre el peso molecular del CO₂ (44) por el peso molecular de carbono (12), para la proyección de CO₂ (carbono total x 3,666).

Con la finalidad de realizar un mejor análisis del contenido de carbono en la biomasa, suelo, carbono total y CO₂, se muestra los gráficos de cajas y bigotes, procesados mediante software estadístico.

3.5.3. Evaluación de reservas de carbono en la biomasa.

En la Figura 74, se puede observar el carbono de la biomasa, teniendo como resultado que, el sistema compuesto por pona muestra una mayor variabilidad en los datos que el resto de sistemas con rangos que van desde 10 a 98 Tm/ha con una media de 58 Tm/ha, esto se debe al tamaño, edad y dispersión que tiene los árboles dentro del sistema. Por otro lado, se puede observar que, el pino y ciprés tienen media de 12 y 33 Tm/ha una distribución menos variable con diferencias en su contenido de carbono, debido a que las cajas no se cruzan entre ellas. Así mismo, observamos que el aliso y el sistema sin árboles muestran variables con homogeneidad en los datos con una media de 7 y 2 Tm/ha, pero con menor contenido. Teniendo como resultado que, el sistema con mayor carbono en la biomasa es la pona y el contenido más bajo es el aliso, seguido por el sistema sin árboles analizado solo el componente herbáceo.

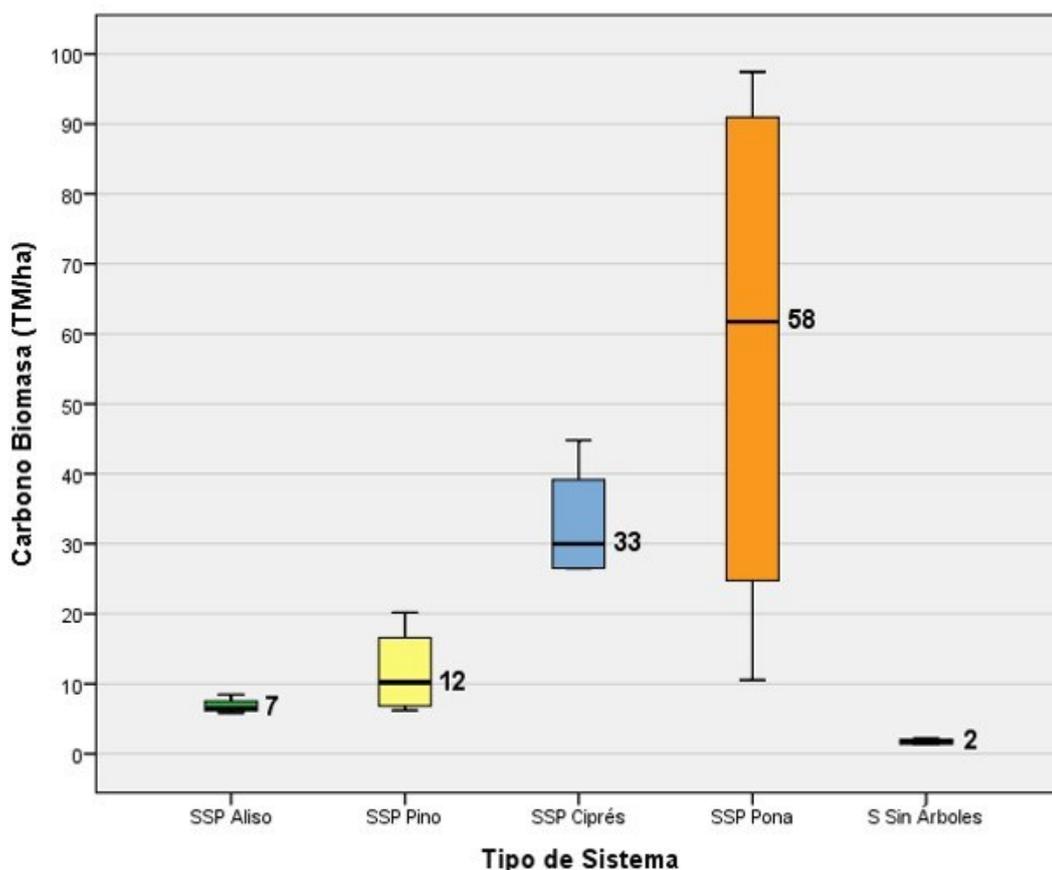


Figura 74. Evaluación del carbono de la biomasa en diferentes sistemas.

3.5.4. Evaluación de las reservas de carbono total en suelo

En la Figura 75, se puede observar el carbono total del suelo, teniendo como resultado, el sistema compuesto por pino muestra una mayor variabilidad en los datos que el resto de sistemas con rangos que van desde 132 a 167 Tm/ha, esto posiblemente se debe a que, el sistema con pino presenta una mayor profundidad de raíz y acumulación de hojarasca, mejorando la composición del suelo; sin embargo, cuando analizamos los sistemas como aliso, ciprés, pona y sin árboles muestran variables con mayor homogeneidad en los datos, pero con menor contenido de carbono. Destacando en su contenido de carbono en el suelo el pino con 149 Tm/ha y el más bajo el aliso con 101 Tm/ha.

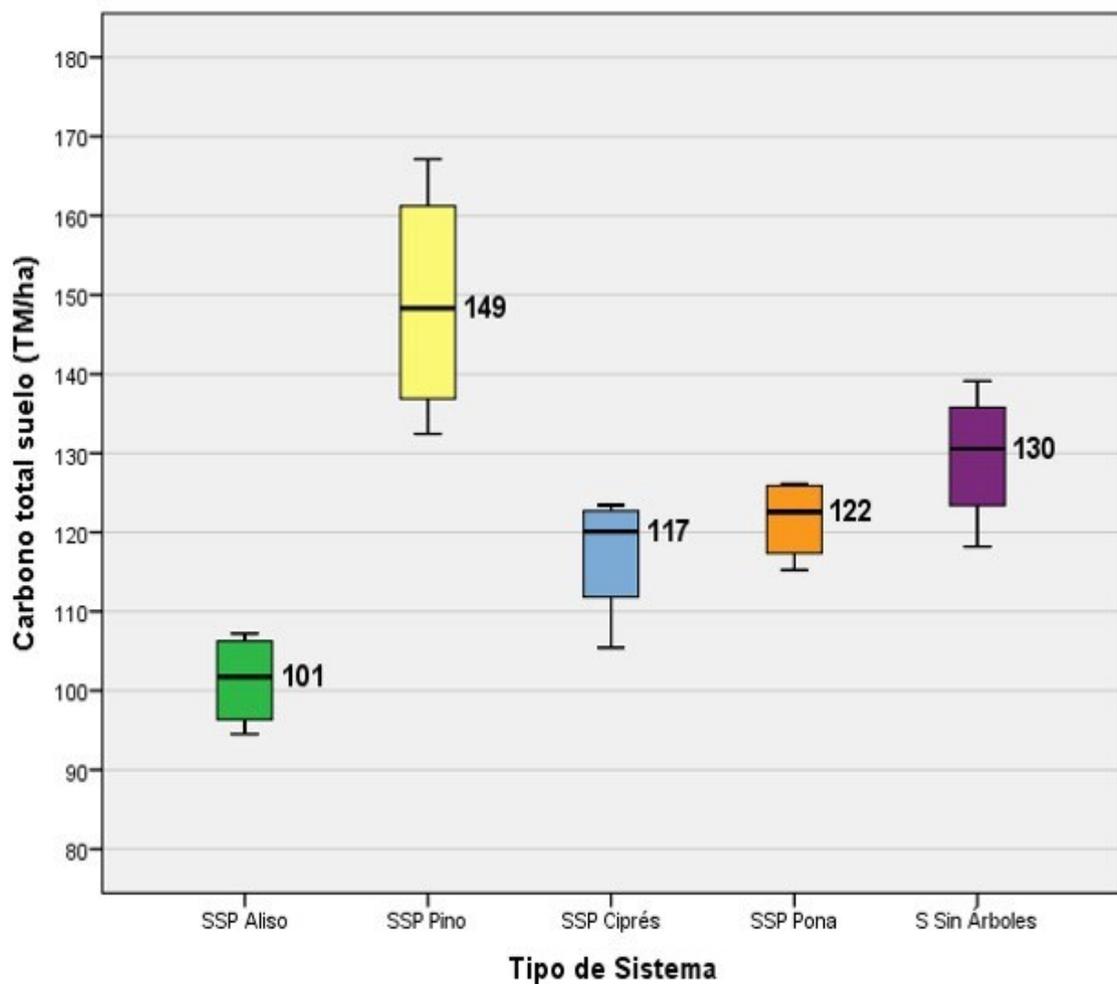


Figura 75. Evaluación del carbono total en el suelo en diferentes sistemas

3.5.5. Evaluación de las reservas de carbono total

En la Figura 76, se puede observar el carbono total, teniendo como resultado que, el sistema compuesto por pona muestra un mayor contenido y variabilidad en los datos, comparado con el resto de sistemas, con rangos que van desde 136 a 224 Tm/ha; por otro lado, cuando analizamos los sistemas como pino y ciprés muestran variables con mayor homogeneidad en los datos, no existiendo diferencias en su contenido de carbono, debido a que las cajas se cruzan entre ellas; así mismo, los sistemas aliso y sin árboles muestra variables homogéneas con diferencias, mostrando un menor contenido de carbono total de 108 y 131 Tm/ha.

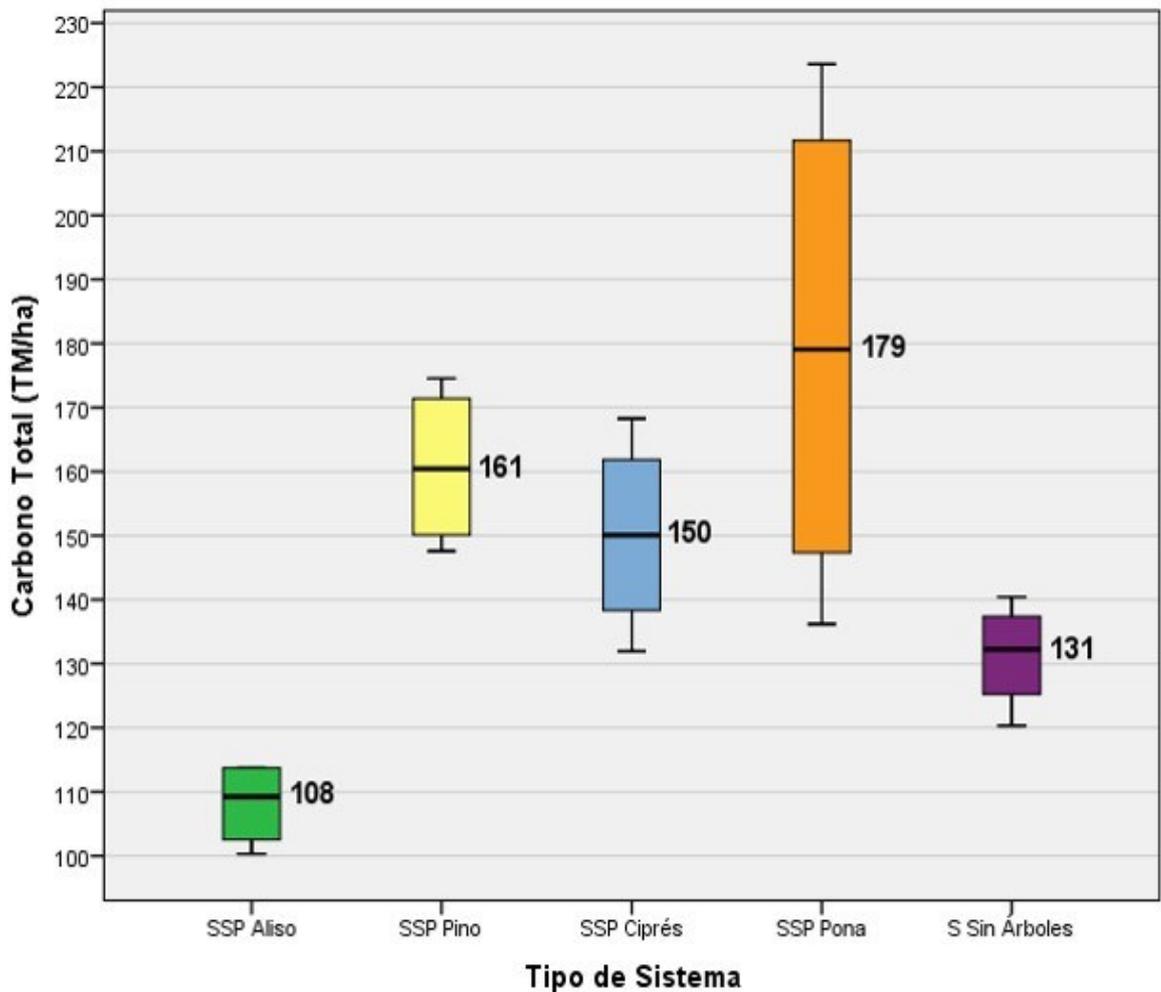


Figura 76. Evaluación del carbono total en diferentes sistemas.

3.5.6. Evaluación de reservas de CO₂ en los sistemas

En la Figura 77, se puede observar el contenido de CO₂ retenido en los sistemas, teniendo como resultado que, el sistema compuesto por pona muestra un mayor contenido de CO₂ y variabilidad en los datos, comparado con el resto de sistemas, con rangos que van desde 500 a 820 Tm/ha; así mismo, cuando analizamos los sistemas pino y ciprés muestran variables con mayor homogeneidad en los datos, pero con menor contenido de carbono con rangos que van desde 480 a 640 Tm/ha, finalmente observamos a los sistemas aliso y sin árboles que muestra variables homogéneas, teniendo un menor contenido de CO₂ el aliso con 396 Tm/ha.

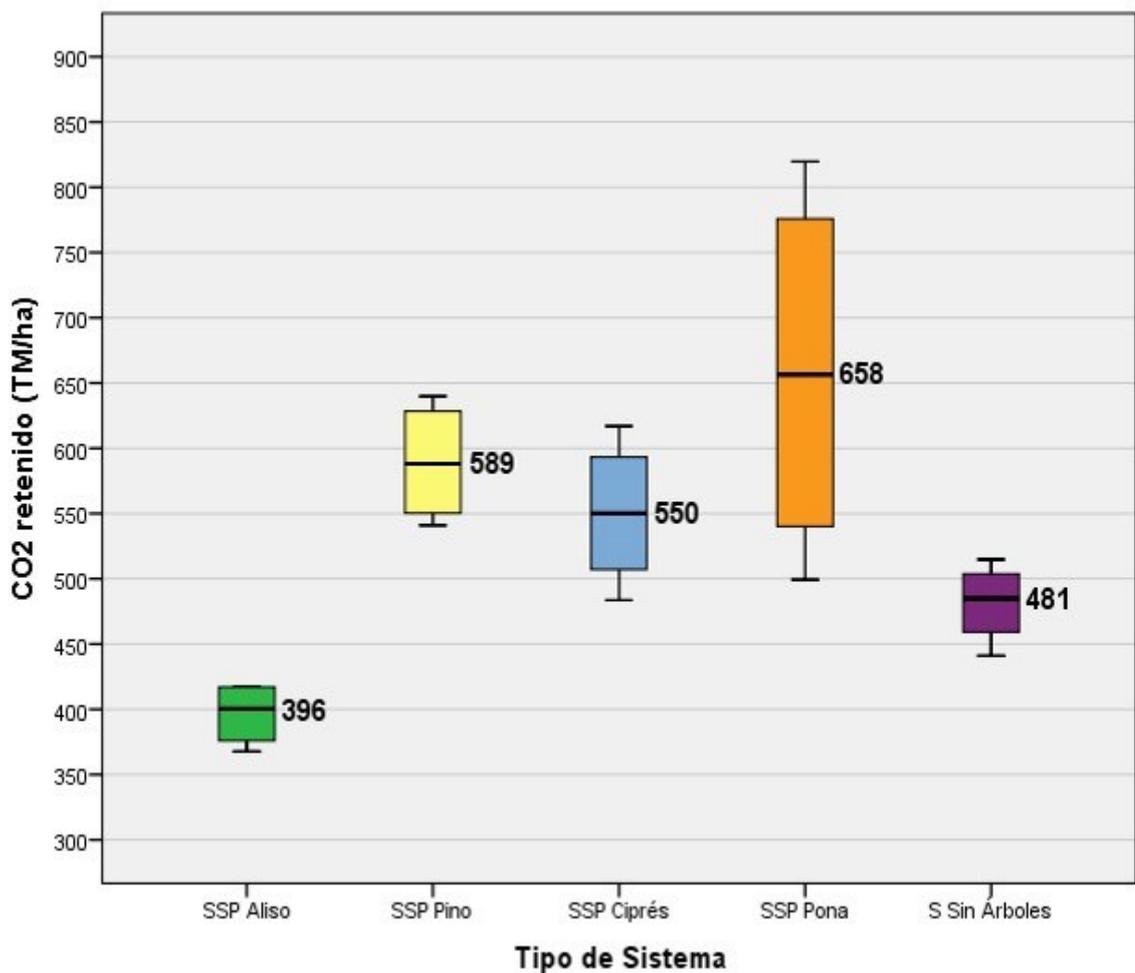


Figura 77. Evaluación del contenido de CO₂ en diferentes sistemas.

3.6. Determinar la eficiencia de los sistemas silvopastoriles

La Tabla 35, muestra los resultados de la eficiencia que genera cada uno de los sistemas silvopastoriles comparados con el sistema libre sin árboles, teniendo una mejor eficiencia el sistema silvopastoril asociado con pona, debido a que tiene una mayor concentración de nutrientes haciendo un total de 1 273,29 Tm/ha, distribuyéndose esta cantidad en la retención de carbono total con 179,14 Tm/ha esto incluye el carbono de la parte arbórea, hojarasca, herbácea y suelo, también tiene una mayor acumulación de biomasa vegetal de 101,98 Tm/ha, acumulación de dióxido de carbono (CO₂) de 658,00 Tm/ha, nutrientes en el forraje (PT, FC y FDN) de 1,46 Tm/ha y nutrientes en el suelo (MO) 332,71 Tm/ha.

El sistema silvopastoril con menor eficiencia fue el aliso con una concentración de nutrientes de 808,23 Tm/ha, distribuyéndose en la retención de carbono 108,15 Tm/ha, biomasa vegetal 16,30 Tm/ha, dióxido de carbono (CO₂) 396,46 Tm/ha, nutrientes en el forraje 2,35 Tm/ha y nutrientes en el suelo 284 Tm/ha.

Por otro lado, se observa que el sistema sin árboles muestra una concentración intermedia con mejores valores que el aliso con una concentración de nutrientes de 978,91 Tm/ha, teniendo una menor concentración en la biomasa vegetal debido por falta de árboles.

Encontrándose al SSA con una aceptable eficiencia en la acumulación de nutrientes haciendo un total de 987,91 Tm/ha, debido a la acumulación de carbono en el suelo 131,33 y nutrientes en el suelo como materia orgánica 359,68 Tm/ha lo cual permitió elevar su contenido.

Tabla 35. Eficiencia de los sistemas silvopastoriles y sistema sin árboles (Tm/ha)

VARIABLES	Aliso	Pino	Ciprés	Pona	SSA
Retención de carbono total	108.15	160.75	150.10	179.14	131.33
Biomasa vegetal total	16.30	27.39	65.63	101.98	4.03
Dióxido de Carbono (CO ₂)	396.46	589.29	550.25	658.00	481.45
Nutrientes del forraje	2.35	0.81	1.74	1.46	2.42
Nutrientes del suelo	284.97	421.29	322.52	332.71	359.68
Total	808.23	1199.54	1090.23	1273.29	978.91

La Figura 78, muestra la distribución en la concentración de nutrientes en los sistemas evaluados, presentando una tendencia en su acumulación, destacando en todos los sistemas la acumulación del dióxido de carbono (CO₂) con mejor acumulación el sistema con pona 656,74 Tm/ha y el más bajo el aliso con 396,46 Tm/ha, luego destaca el contenido de nutrientes en el suelo con mejor acumulación el pino con 421 Tm/ha y el más bajo fue el aliso con 284,97 Tm/ha. Además, podemos observar en relación a la biomasa vegetal destaca en su contenido la pona 101,94 Tm/ha, seguido por el ciprés 65,63 Tm/ha y en relación a los nutrientes en el forraje destaca en su contenido el sistema sin árboles con 2,42 Tm/ha y el menor contenido el pino con 0,81 Tm/ha.

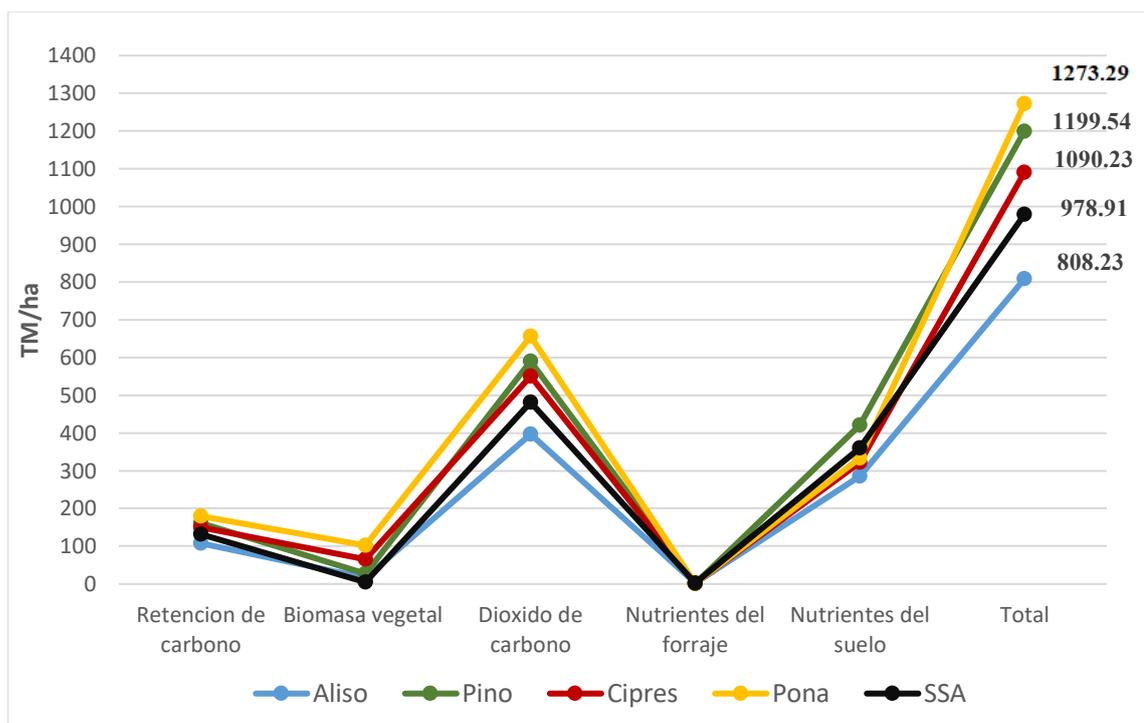


Figura 78. Distribución de la eficiencia de los sistemas en la retención de nutrientes.

IV. DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de los principales SSP prevalentes en la cuenca ganadera de Molinopampa

Con referencia a la actividad principal que desarrollan los productores que manejan SSP en el distrito de Molinopampa se puede observar que la agricultura y la ganadería es la principal actividad con un 38,5%, seguido de la ganadería con un 31,5%, estos resultados son diferentes a lo mencionado por Oliva (2016), quien indica que los productores tienen como actividad principal a la ganadería con 56%, ganadería y agricultura con 33%, dichos productores son los que adoptan y manejan los sistemas silvopastoriles con aliso, haciendo más eficiente el manejo de la ganadería, en esta importante cuenca ganadera de la región Amazonas.

En la variable tenencia de tierras se tiene como resultado que, un 84,6% poseen tierras de su propiedad, un 10% son posesionarios y 3,1% son arrendatarios, resultados similares a lo reportado por Maicelo (2014), quien indica que los productores de la cuenca del río Utcubamba son propietarios un 76%, posesionarios 20,7% y arriendan 2,5%, siendo importante la propiedad de la tierra para desarrollar actividades dentro del predio que ayude a mejorar la actividad ganadera.

Sobre el grado de conocimiento y asistencia técnica en SSP, tenemos como resultado que el 53,1% no tiene conocimiento ni recibe asistencia técnica y un 46,9% si recibe asistencia técnica, razón por la cual no conoce sobre el manejo de los SSP, además de la especie de árboles a instalar; al respecto Vásquez (2016), manifiesta que el 84,7% de los productores no recibe asistencia para el mejoramiento ganadero, solo un 15,3% recibe asistencia técnica, considerando como factor fundamental la asistencia técnica para cambiar las actividades de manejo y mejoras en el hato ganadero, con miras a desarrollar una ganadera más eficiente y amigable con el medio ambiente.

En el tamaño del predio que posee los productores se tiene como resultado que un 60% de los productores tienen menos de 10 ha de terreno, resultados que son similares a lo reportado por Oliva (2016), quien indica que los productores de Molinopampa, poseen menos de 10 ha representado por un porcentaje de 65%. Por otro lado, Maicelo (2014), reporta que los productores del río Utcubamba que tienen menos de 8 ha y están

representados por un 71,9%. Estos resultados indican que la mayor cantidad de la población de la región Amazonas posee pequeñas áreas de terreno para el manejo de la ganadería y el manejo de sistemas silvopastoriles.

Así mismo, en el área del predio que posee el SSP tenemos como resultado que un 91,6% de los productores posee menos de 5 ha de terreno, resultados similares a lo reportado por Pizarro et al. (2019), quien evaluó los sistemas silvopastoriles en la Amazonia Peruana, teniendo como resultado que el 91% de los productores poseen menos de 5 ha de terreno como sistema silvopastoril, indicándonos que aún existe una baja cantidad de áreas que tengan un manejo eficiente y que combine la ganadería con los sistemas forestales el cual necesita ser incrementado para mejorar la actividad pecuaria y la conservación del medio ambiente.

En las actividades que desarrolla el productor para incrementar el área del terreno, se tiene como resultado que el 72,3% de los productores no realizan la tala y quema de bosques; sin embargo, un 27,7% si realiza tala y quema de bosques con el fin de aumentar sus áreas para la crianza de ganado, estos resultados son inferiores a lo reportado por Pizarro et al. (2019), indicando que el 94% de los productores ha obtenido un área de terreno producto de la tala y quema del bosque primario, problema que viene acarreado por la tala indiscriminada de la Amazonia para ampliar las áreas para la crianza de ganado vacuno.

Con respecto a la especie de árbol que utiliza el productor, se tiene como resultado que, un 41,5% prefiere el aliso, seguido de la pona con 19,2%, ciprés con 22,3% y pino 16,9%, especies nativas e introducidas que tiene buena aceptación por parte de los productores para el manejo de sus sistemas agroforestales. Estos resultados son similares a lo reportado por Oliva (2016), quien realizó evaluación de sistemas silvopastoriles en Molinopampa, teniendo como resultado que el 31% de los productores prefiere al aliso, seguido del aliso + pino 22%, pino 12% y eucalipto 6%, datos que indican que los productores utilizan una especie de árbol que soporta muy bien la humedad y crece naturalmente no teniendo dificultades para su establecimiento. Así mismo, Saucedo (2018), reporta que el componente arbóreo de los sistemas silvopastoriles en Molinopampa están compuestos por aliso, cedro, pino, eucalipto y pona.

Por otro lado, analizamos el diseño o arreglo del SSP, que posee los productores, teniendo como resultado que un 46,9% indica que tiene un sistema de árboles dispersos en potreros, seguido por cercos vivos con 38,5%, árboles en callejones 12,3% y cortina rompe vientos 2,3%. Resultados similares a lo reportado por Saucedo (2018), quien indica que la existencia de arreglos silvopastoriles en Molinopampa se encuentran distribuidos en un 41% árboles dispersos en potreros, 51% cercas vivas y 8% árboles en callejones; por otro lado los valores son diferentes a lo reportado por Oliva (2016), donde los SSP se distribuyen en 51% en cercos vivos, 41% árboles dispersos en potreros y 8% en callejones. Esto indica que el productor no tiene un arreglo definido por la poca área que destina al sistema, debido a la falta de conocimiento y especie a utilizar en la instalación del SSP.

En relación a la consulta a los productores si reciben apoyo para instalar su SSP, indican que un 86,2% no recibe apoyo, compra árboles ó instala algún vivero temporal para producir los platonos a fin de realizar la siembra y un 13,8%, si recibe apoyo para sembrar árboles; esto también lo evidencia Oliva (2016), indicando que un 93% no recibe ningún apoyo por parte de las instituciones para sembrar árboles o reforestar, siendo necesario impulsar esta actividad para incrementar las áreas con cobertura vegetal permitiendo un equilibrio en el manejo de los sistemas de producción que tiene los productores de Molinopampa.

Con respecto al propósito que tiene los productores para la siembra de árboles, indica que, un 30,8% sembró árboles con el fin de proteger a sus animales, 20,8% obtener madera para construcción, 20,8% para proteger la biodiversidad, 16% para obtener leña y un 4,6% para protección del agua. En relación a esto Useche, Harvey, & Declerck (2011), en Nicaragua manifiestan que los productores realizan la instalación de los árboles en SSP, debido a que tiene necesidad de madera, leña, siendo la principal razón porque instalan los árboles para dar sombra al ganado, sobre todo en la época de verano. Por otro lado, Oliva (2016), indica las razones para que los productores instalen plantaciones forestales se debe a la protección del agua un 25%, protección de la biodiversidad 6%, sombra 25% y madera 12%.

De acuerdo al tipo de pasto que predomina en el predio los productores indican que, un 50,8% tiene pastos naturales y 49,2% pasto cultivado, dentro del pasto cultivado el que

predomina es el rye grass con 44,6%, pasto oவில் 30,8%, trébol 12,3% y 2,3% de kikuyo; al respecto Escobar (2018), manifiesta que los sistemas silvopastoriles en Molinopampa tiene una composición del pasto representado por el rye grass con 54%, trébol 28%, oவில் 12% y kikuyo 4%, resultados similares a lo reportado en la presente investigación.

En cuanto a la edad del sistema silvopastoril que poseen los productores, indica que la mayor cantidad de sistemas se encuentran a una edad de 1 a 10 años, representado por un 70,7% y existe sistemas que tienen una edad de 11 a más de 31 años con 29,3%; en razón de ello Concha et al. (2007), manifiesta que la edad apropiada para establecerse adecuadamente un sistema silvopastoril es cuando alcance una edad de 12 a 15 años, permitiendo de esta manera el ingreso de luz y se desarrolle el proceso de fotosíntesis siempre y cuando se tenga que realizar las podas o raleos permanentemente. Por otro lado, Saucedo (2018), indica que en Molinopampa los SSP se encuentran a una edad de 6 años de edad, tiempo que es aprovechado por los productores para madera, postes, etc., siendo las especies con crecimiento precoz el eucalipto, aliso, ciprés y pino, que brinda beneficios a corto plazo.

Según la condición de suelo que vienen manejando los productores en los sistemas silvopastoriles de Molinopampa, indican que, el 27,7% tiene suelos con textura franca arcillosa, seguido de 26,2% arcillosa y un 20% franco arenoso, esto indica que las condiciones de suelo muestran un contenido de materia orgánica y que son suelos con capacidad de campo para establecer cultivos y pasturas, estos resultados son similares a lo reportado por Oliva et al. (2016), indicando que los suelos del distrito de Molinopampa en sistemas silvopastoriles con aliso son de textura que van desde franco arenoso a franco arcilloso; así mismo, Saucedo (2018), quien realizó evaluación de la textura de sistemas silvopastoriles, teniendo como resultado que los suelos, presentan una textura franca, adecuadas para el crecimiento de pasturas.

En relación al color y profundidad de capa arable en los sistemas que viene manejando los productores indican que, los SSP tienen una coloración negra y marrón oscuro de 71,6% y su capa arable va a una profundidad de 1 a 30 cm representado por un 87,6%, estos resultados tienen relación directa con la anterior pregunta, que indican presencia de materia orgánica en los suelos asociados; datos similares a lo reportado por Mas, Rojas, Mori, & Salas (2018), quienes realizaron zonificación de áreas potenciales para la

instalación de SSP, indicando que los suelos aptos son los que tiene amplia capa de suelo. Además, Frias (2018), reporta que, para la instalación de un sistema silvopastoril en Huambo es necesario contar con suelos apropiados de color marrón oscuro debido a que son indicadores de fertilidad con la finalidad de tener un óptimo crecimiento y rendimiento del árbol y pasturas.

En la dureza del suelo o grado de compactación que tiene los suelos donde se viene manejando los sistemas silvopastoriles los productores indicaron que un 59,2% tiene suelos compactados y un 39,2% suelos sueltos; resultados que son similares a lo reportado por Saucedo (2018), quien indica que los sistemas que tiene una mayor compactación del suelo son los sistemas sin árboles, esto también está asociado a la carga animal alta que maneja los productores lo que hace que el rendimiento de pasto sea muy bajo, por lo tanto hay que hacer frente a esa necesidad, cambiando los sistemas de producción de campo abierto a SSP, con la cual se obtienen mejores beneficios tanto económico, sociales y ambientales (Oliva et al., 2015).

Cuando analizamos el manejo ganadero que viene realizando los productores del distrito de Molinopampa, se tiene como resultado que, la raza de ganado vacuno que predomina es la Brown Swiss con un 80,8% y el número de cabezas que posee los productores indica que el 76,2% tienen una cantidad de 1 a 20 animales; resultados similares a lo reportado por Oliva (2016), quien indica que en la cuenca ganadera de Molinopampa el 80% maneja ganado Brown Swiss y el 90% tiene 20 animales; así mismo, Pérez (2006), en Colombia indica que los pequeños productores son los que manejan de 1 a 20 animales; por otro lado, estos resultados son diferentes a los reportado por Saucedo (2018), quien indica que en Molinopampa la raza que predomina es la Brown Swiss con 50% y el 80% de los productores poseen menos de 15 animales.

Los productores que manejan sistemas silvopastoriles cuentan con animales en producción de leche, encontrándose que, un 94,1% cuenta con menos de 10 animales en ordeño, de los cuales tienen un promedio de producción de leche de 10 litros, esto indica que la mayoría de productores diversifican su producción aprovechando adecuadamente el sistema de manejo; resultados similares a lo reportado por Vásquez (2016), quien indica que los pequeños productores en la región Amazonas, que manejan ganado vacuno tienen en promedio 10 animales y una producción de leche de 10 lt/vaca/día. Así mismo, Pérez

(2006) en Colombia indica que el pequeño productor tiene una cantidad de 10 vacas en producción y en promedio producen 5,71 lt/vaca/día. Por otro lado, se reporta valores inferiores como Saucedo (2018), quien indica que los productores de Molinopampa el promedio de leche/vaca es de 8,3 lt/vaca/día y poseen 6 animales en ordeño; también Oliva (2016), indica que los productores que adoptan los sistemas silvopastoriles con aliso tiene en promedio de producción de leche de 8,1 lt/vaca/día y poseen 6 vacas en producción de leche, esto posiblemente se debe a que los productores que manejan SSP tienen mejores condiciones para la producción de leche.

4.2. Caracterización de los productores que manejan sistemas silvopastoriles

El análisis multivariado permitió identificar y caracterizar los sistemas silvopastoriles que se vienen manejando en la cuenca ganadera de Molinopampa, formando cinco grupos homogéneos con características similares de manejo que vienen realizando los productos en los sistemas silvopastoriles, esta metodología es corroborado por Rivera, Mora-Delgado & Rodriguez (2016); Rocha-Rodríguez et al. (2016), quienes indican que el método estadístico que analizan simultáneamente dos o más variables (cuantitativas o cualitativas) puede ser considerado como un análisis multivariado, mostrando un dendograma similar, pero la variabilidad en el tamaño fue menor que la encontrada en el presente estudio.

En el análisis de la variable conocimiento y capacitación en SSP presenta una relación altamente positiva, lo que indica que cuanto más capacitación recibe el productor mayor es el conocimiento que tiene para el manejo de los SSP, esto es afirmado por Gonzáles (2007), quien manifiesta que el 76% de productores capacitados en el manejo lechero tiene un mejor manejo de la ganadería, manifestándose en una mejor producción.

En la variable especie de árbol y la actividad principal tienen una correlación altamente significativa, indicando que el productor para establecer un sistema de manejo ya sea en ganadería o agricultura debe elegir la especie de árbol que se asocie con los cultivos y/o animales evitando así la competencia entre los componentes del sistema. En un estudio Betancourt et al. (2005), manifiesta que el establecimiento de árboles en un SSP, debe tenerse en cuenta el grado de asociación entre la pastura y el suelo a fin de mejorar la producción.

También se observó una correlación positiva significativa de la variable especie de árbol con el diseño del SSP, esto posiblemente se debe a que para instalar un diseño silvopastoril ya sea en cercos vivos, callejones o dispersos en potreros el productor primero toma en cuenta la especie de árbol con la finalidad de evitar la competencia con la pastura, al respecto Zapata, Bautista, & Astier (2009), indica que los productores que practican el manejo de SSP deben tener en cuenta su distribución dentro del predio e incorporar árboles fijadores de nitrógeno como el aliso que ayuda a incorporar nutrientes al suelo.

En relación a la variable preferencia del árbol para establecer un SSP tiene una correlación positiva con el conocimiento sobre SSP, recibe capacitación y asistencia técnica, y el área total del predio que posee, esto podría deberse a que la selección del árbol para establecer un SSP está supeditada al grado de conocimiento que tiene el productor y la disponibilidad de terreno, esto se corrobora con lo manifestado por Betancourt et al. (2005), quien indica que la tendencia de los productores que manejan SSP, tiene mejor conocimiento sobre el beneficio que trae la asociación árbol con pasturas; por lo tanto ellos adoptan este sistema rápidamente en comparación con otros productores.

Por otro lado, se observa que la variable preferencia de árbol y la especie de pasto correlacionan negativamente, indicándonos que el establecimiento de los árboles bajo SSP no se encuentran asociados con las pasturas instaladas debido a la poca experiencia en el manejo que realiza el productor, disminuyendo la producción del forraje para el ganado, al respecto Devendra & Ibrahim (2011), manifiestan que para instalar un SSP es necesario conocer el tipo de suelo para seleccionar el árbol y asociar con una pastura de mayor rendimiento de forraje ejerciendo un efecto positivo sobre el rendimiento animal.

Otro aspecto interesante, que se observó en las variables dureza del suelo con la preferencia de árbol para instalar un SSP, presentan una correlación negativa, debido a que para la instalación del árbol nunca tomaron en consideración la estructura y la dureza del suelo, lo que generó un menor crecimiento de los árboles en los SSP, al respecto Rivera et al. (2016), indica que el productor que maneja una carga animal excesiva provoca una compactación del suelo trayendo consigo problemas en el crecimiento del árbol y las pasturas, por lo tanto se debe regular este manejo. También Zapata et al. (2009), indica que la capacidad de producción de madera y forrajera del estrato arbustivo y

arbóreo de la vegetación es importante tomando en consideración las unidades edáficas del suelo que permite un adecuado crecimiento.

Con respecto a las variables dureza y color del suelo tienen una correlación positiva, lo que indica que la coloración determina la dureza del suelo; es decir, la coloración marrón oscuro presenta un suelo suelto y la coloración amarillo o gris indica un suelo degradado, con referencia a esto Noguera & Vélez (2011), indican que el contenido de materia orgánica en el suelo representa una coloración oscura como indicador de fertilidad permitiendo un crecimiento adecuado de las plantas que se sirven de ella, evitando la compactación del suelo.

Por otra parte, se observa en las variables raza del ganado, la especie de pasto y la preferencia del árbol que predomina en el predio, tienen una correlación positiva, lo que indica que el productor para el manejo del ganado bajo SSP toma en cuenta el tipo de pastura instalada a fin de seleccionar la raza del ganado especializada en leche o carne mejorando de esta manera la producción por unidad de superficie, esto es corroborado por Betancourt et al. (2005), quien indica que la presencia del ganado y los árboles en los SSP contribuyen a que el sistema de manejo y reciclaje de nutrientes se incremente permitiendo que las pasturas tengan un crecimiento adecuado y se transforme en mayor carne o leche para el productor. También Vargas-Leitón, Solís-Guzmán, Sáenz-Segura, & León-Hidalgo (2013), indican que las razas de ganado que se desarrollan en una ganadería extensiva, sustentada sólo en pastos, afronta serios problemas debido a la variabilidad de calidad de los forrajes a través del año, pues repercute en los parámetros productivos y reproductivos de los animales.

En la variable número de cabezas presenta una correlación positiva con el conocimiento en SSP, capacitación y asistencia técnica y preferencia de árbol, esto se debe a que el productor tiene mayor capacidad en la toma de decisiones para el manejo de los SSP, pudiendo seleccionar el tipo de árbol de acuerdo al número de animales a establecer en su hato utilizando especies maderables o arbustivas que ayuden a complementar sistema de manejo que viene desarrollando, al respecto Díaz (2012); González (2007), indican que los productores que tienen un mayor conocimiento sobre el desarrollo de la ganadería, evalúan permanentemente el número de animales por capacidad de producción de las

pasturas maximizando la producción por unidad de superficie, obteniendo mejores ingresos en la ganadería.

Con respecto a los grupos que se lograron formar para caracterizar a los hatos ganaderos que viene manejando SSP, presentando características diferentes, esto se corrobora con lo reportado por Vargas-Leitón et al. (2013), quien indica que mientras mayores grupos se formen para caracterizar a un sistema de producción se obtiene un mejor detalle de las actividades productivas que maneja los productores.

Dentro de los grupos formados presentan tres características que los diferencia el uno del otro, tomando en consideración el área del SSP que maneja, el número de animales y la producción diaria de leche por hato ganadero, teniendo con mejores indicadores al grupo IV quienes cuentan con un área de SSP establecido dentro de predio mayor a 6 ha, posee más de 51 cabezas de ganado vacuno y tienen una producción diaria de leche de 70 litros/hato/día, siendo el grupo que mayor porcentaje se dedica netamente a la ganadería como actividad principal. Seguidamente se encuentra el grupo V, quienes cuentan con 2 a 3 ha instalada como SSP, cuentan con 30 a 50 cabezas de ganado y tienen una producción diaria de 50 litros/hato/día. Luego está el grupo III, quienes cuentan con un área de SSP de 4 a 5 ha, manejan de 20 a 30 animales y tienen una producción diaria de 30 litros/hato/día. Estos grupos son los que tienen como actividad principal a la ganadería y agricultura sembrando árboles para protección del ganado, conservar el agua y la biodiversidad y producción de madera. Además, son los que tienen mayor conocimiento sobre el manejo bajo un modelo de sistema silvopastoril. En relación Betancourt et al. (2005), reportó un tercer grupo de productores que concentran a las fincas con mayores índices productivos por año, manejan grandes áreas con sistema de manejo extensivo, con carga animal más alta, productores que conocen y practican un mayor número de técnicas silvopastoriles, debido a que reciben mayor asistencia técnica y tienen acceso a la tecnología.

Los grupos con menores índices de producción son el II, quien asocia a una mayor cantidad de productores, cuentan con menos de 1 ha de SSP, manejan menos de 10 animales y tienen una producción de 10 litros/hato/día, y el grupo I, quien cuenta con 1 a 2 ha de SSP establecido, maneja 10 animales y tiene una producción de 20 litros/hato/día, productores que tienen otras actividades como el comercio y la construcción para ayudar

a mejorar sus ingresos económicos dentro del hato; así mismo utilizan el árbol del SSP para madera y leña. Al respecto Betancourt et al. (2005), también categorizó a un grupo de pequeños productores con bajos índices productivos con características diferentes de manejo en el SSP. Además, Hugo, Vargas, Enrique, & Pico (2018); Vargas-Leitón et al. (2013), también reportaron un conglomerado de pequeños productores que manejan el ganado lechero en sistemas extensivos, presentando una menor producción de carne por unidad de superficie, debido a una menor área y baja producción de pastos.

4.3. Caracterización del componente arbóreo, herbácea, hojarasca y suelo de los sistemas SSP

4.3.1. Producción de biomasa del SSP con Aliso

Con referencia a la producción de biomasa del SSP con aliso se tiene como resultado que, del total de 56 árboles que fueron evaluados se obtuvo un DAP de 20,09 cm, teniendo una producción de biomasa seca total 16,30 Tm/ha; resultados superiores a lo reportado por Fluker & Sánchez (2016), quienes realizaron evaluación en la misma especie, teniendo como resultado de biomasa seca de 9,47 Tm/ha, esto posiblemente se debe a que el sistema evaluado tenía una menor densidad de árboles. Sin embargo, nuestros resultados son inferiores a lo reportado por Villacis (2012), quien realizó evaluación en la misma especie en Pomacochas, pero en un sistema forestal y no silvopastoril, reportando un promedio de producción de biomasa de 23,53 Tm/ha. Por otro lado, Carrillo, Acosta, Flores, Juárez, & Bonilla (2014), en México reportaron que el mayor porcentaje de la biomasa seca del SSP con aliso proviene del fuste representado por un 77,07% y es la aparte con mayor retención de carbono.

En relación al contenido de C y CO₂ en el sistema con aliso, se tiene como resultado que, la retención de C es de 6,84 Tm/ha y 25,07 Tm/ha de CO₂, resultados superiores a lo reportado por Fluker & Sánchez (2016), quienes indican que el componente arbóreo del aliso tiene una retención de 4,72 Tm/ha de C y 17,30 Tm/ha de CO₂. Por otro lado, Villacis (2012), reporta mayores valores en el contenido de C en la biomasa vegetal de aliso con 14,89 Tm/ha y 54,6 Tm/ha de CO₂, resultados que indican, cuanto mayor edad, densidad y crecimiento tiene el árbol en el SSP se obtendrá una mayor retención de C y CO₂, teniendo en el sistema evaluado de la presente investigación una altura que oscila entre 5 a 12 m y a una edad de 8 a 10 años.

4.3.2. Producción de biomasa del SSP con Pino

Producción de biomasa seca en el SSP con pino, se tiene como resultado que, del total de 55 árboles que fueron evaluados se obtuvo un DAP de 22,35 cm, teniendo una producción de biomasa seca total de 27,40 Tm/ha; resultados superiores a lo reportado por Oliva et al. (2017), quien evaluó un SSP con pino, reportando 25,52 Tm/ha de biomasa seca; así mismo, Fernández (2008) en España realizó evaluación en un SSP establecido con *Pinus patula*, teniendo como resultado una cantidad de 15,87 Tm/ha de biomasa; también Cargua, Rodríguez, Recalde, & Vinuesa (2014), en Ecuador cuantificaron el contenido de biomasa en pino teniendo como resultado de 14,69 Mg C/ha por árbol, valores inferiores a lo reportado en el sistema. Por otro lado, se hace referencia a Concha et al. (2007), quien determinó el contenido de biomasa de sistemas agroforestales en San Martín, teniendo como resultado que los sistemas almacenan 38,42 Tm/ha de biomasa seca; así mismo, Pimienta, Domínguez, Aguirre, Hernández, & Jiménez (2007), en México reportaron la estimación de biomasa en pinus blanco con un contenido de biomasa seca de 98,13 Tm/ha; también Rodríguez, Jiménez, Aguirre, Treviño, & Razo (2009), en México realizaron estimación de carbono almacenado en bosque de pino teniendo como resultado 219 Tm/ha de biomasa almacenada, estos valores son superiores a lo reportado en el trabajo de investigación debido a que los sistemas evaluados se encuentran establecidos en forma de bosque y sistemas forestales con una mayor densidad y edad de los árboles.

En relación al contenido de C y CO₂ en el sistema con pino, se tiene como resultado que, la retención de C es de 11,71 Tm/ha y 42,88 Tm/ha de CO₂, resultados superiores a lo reportado por Oliva et al. (2017), quien obtuvo 10,89 Tm/ha de C y 39,92 Tm/ha de CO₂; así mismo, Concha et al. (2007), obtuvo C en biomasa arbórea en sistemas agroforestales que van de 12,09 Tm/ha a 35,5 Tm/ha valores que se encuentran dentro del rango reportado en el presente trabajo. Por otro lado, existe evaluaciones de pino en bosque y sistemas forestales que tienen un mayor contenido como lo reportado por Pimienta et al. (2007), con un contenido de C en pino de 51,12 Tm/ha evaluado en un sistema forestal; Rodríguez et al. (2009), evaluó un bosque de pino obteniendo 110 Tm/ha de C.

La altura promedio y la edad del SSP con pino, se encuentra de 8 a 13 metros y a una edad de 10 a 12 años, datos similares a lo reportado por Oliva et al. (2017), quien evaluó la altura de los árboles encontrando entre 8 a 10 m con una edad de 10 años, esto indica

que conforme aumenta su crecimiento y edad del árbol la retención de carbono se incrementa siendo el sistema de gran utilidad para mejorar los servicios ambientales.

4.3.3. Producción de biomasa del SSP con Ciprés

En la producción de biomasa seca en el SSP con ciprés, se tiene como resultado que, del total de 40 árboles que fueron evaluados se obtuvo un DAP de 29,87 cm, teniendo una producción de biomasa seca total de 65,62 Tm/ha; resultados similares a lo reportado por Hidalgo (2011), quien determinó las reservas totales de un sistema agroforestal, teniendo como resultado 47,19 Tm/ha de biomasa vegetal; por otro lado, Bolaños et al. (2016), en México reportó valores superiores de biomasa en bosque de ciprés de 73 Tm/ha, también Gerardo, Estuardo, & Alvarado (2018), en Guatemala obtuvieron resultados de biomasa aérea en la especie arbórea de teca con 86,64 Tm/ha de biomasa, así mismo, Rojas (2014) en Costa Rica quien realizó evaluación de ciprés en un sistema agroforestal obtuvo un contenido mayor de 123,2 Tm/ha de biomasa, de igual manera Gamarra (2001), estimó valores superiores de biomasa en plantaciones de eucalipto teniendo como resultado de 144,24 Tm/ha, esto se debe a que se analizaron sistemas con mayor densidad de árboles.

En relación al contenido de C y CO₂ en el sistema con ciprés, se tiene como resultado que, la retención de C es de 32,81 Tm/ha y 120,28 Tm/ha de CO₂, resultados similares a lo reportado por Ibrahim et al. (2007) en Costa Rica reportó el contenido de carbono en bosques tropicales con valores de C que van desde 23 a 158 Tm/ha y de 84,32 a 579 Tm/ha de CO₂; también Callo-Concha et al. (2001), quien realizó cuantificación de carbono en sistemas agroforestales, teniendo como resultado que una silvopastura almacena 27,84 Tm/ha de C y 102,09 Tm/ha de CO₂; otros autores como Gamarra (2001), reporta valores superiores en plantaciones de Eucaliptus teniendo como resultado de 78,02 Tm/ha de C y 285,6 Tm/ha de CO₂; además muestra valores en la especie de árbol teca con un contenido de C de 92,4 Tm/ha; por otro lado, Anguiano, Aguirre, & Palma (2013) en México reportaron evaluaciones de carbono en leucaena, teniendo como resultado 114,95 Tm/ha; también Bolaños et al. (2016), reportó, 237 Mg/ha de C que almacena el ciprés; Hidalgo (2011), reporta 94,383 Tm/ha de C, estos últimos trabajos fueron realizados en sistemas agroforestales de mayor edad, tamaño y densidad de árboles con una mayor cantidad de almacenamiento de C y CO₂.

La altura del ciprés se encuentra entre 10 – 14 m, con una edad que oscila entre 10 a 12 años.

4.3.4. Producción de biomasa del SSP con Pona

En la producción de biomasa seca en el SSP con Pona, se tiene como resultado que, del total de 40 árboles que fueron evaluados se obtuvo un DAP de 36,37 cm, teniendo una producción de biomasa seca total de 101,98 Tm/ha; resultados similares a lo reportado por Maicelo (2014), quien evaluó el *Ceroxylum Peruvianum*, obteniendo una biomasa que puede llegar hasta 230 Tm/ha, dependiendo de la edad y condición climática; así mismo, Manrique & Puerta (2015), reportaron valores bajos, evaluando la biomasa en un área de palmera obteniendo 65,04 Tm/ha, de igual manera Concha et al. (2007), reportó valores de biomasa aérea en sistemas agroforestales a una edad de 20 años, con un contenido 98,72 Tm/ha; Giraldo, Zapata, & Montoya (2008), realizaron evaluación del flujo de carbono en SSP en Colombia, teniendo como resultado de biomasa aérea y radical de 98,72 Tm/ha; por otro lado, se reportaron valores altos, como Schlegel (2001), quien realizó evaluación de biomasa en Chile de un bosque forestal teniendo como resultado 293,44 Tm/ha.

En relación al contenido de C y CO₂ en el sistema con pona, se tiene como resultado que, la retención de C es de 57,87 Tm/ha y 212,15 Tm/ha de CO₂, resultados que tienen relación a lo mencionado por Ibrahim et al. (2007), quien indica que, el total de C en los SSP varía entre 20 a 204 Tm/ha; así mismo, estos resultados son superiores a lo reportado por Manrique & Puerta (2015), quienes obtuvieron 32,52 Tm/ha de C y 119,22 de Tm/ha de CO₂; Concha et al. (2007), también reportó valores de biomasa aérea en sistemas agroforestales con un contenido de C de 44,86 Tm/ha y 164,46 Tm/ha de CO₂. Por otro lado, diversos autores reportan mayores contenidos de C, como Rojas et al. (2009), en Costa Rica quien realizó un trabajo en secuestro de carbono en SSP maderables teniendo como resultado 127 Tm/ha de C y 466 Tm/ha de CO₂; Giraldo et al. (2008), en Colombia obtuvo en evaluación de flujo de carbono en SSP 255,6 Tm/ha de C, haciendo un total de 937,02 Tm/ha de CO₂; Schlegel (2001), obtuvo una cantidad de C de 130,70 Tm/ha y 479 Tm/ha de CO₂, todos estos resultados indican que cuanto mayor densidad de árboles, edad y sistema de manejo de los árboles la concentración de carbono aumenta.

Existe una mayor concentración de árboles entre una altura de 13 a 34 m, que indica que a mayor altura, edad y sistema de producción el carbono aumenta considerablemente encontrándose en pona establecido como árboles dispersos en potreros que tienen una edad mayor a 20 años.

4.3.5. Evaluación de biomasa en el sistema sin árboles

En el sistema sin árboles para determinar la cantidad de biomasa seca se realizó evaluación del contenido de la herbácea, teniendo un total de 4,03 Tm/ha de biomasa, 1,72 Tm/ha de C y 6,30 Tm/ha de CO₂, resultados superiores a lo reportado por Oliva et al. (2017), quien evaluó la biomasa de la pastura en un sistema con pino obteniendo 3,50 Tm/ha biomasa, 1,49 Tm/ha de C y 5,46 Tm/ha de CO₂; así mismo, Fluker & Sánchez (2016) analizaron al sistema con aliso reportaron una biomasa de 0,62 Tm/ha y 0,26 Tm/ha de C y 0,95 Tm/ha de CO₂. Por otro lado, Huamancayo & Robles (2014), analizaron el carbono en tres sistemas ganaderos establecidos con pasturas tropicales naturales, reportando contenidos superiores de biomasa 7,02 Tm/ha y 3,51 Tm/ha de C y 12,87 Tm/ha de CO₂; Oliva et al. (2017), realizó cuantificación de carbono en un área de pajonal reportando un contenido de 22,95 Tm/ha de biomasa, 10,1 Tm/ha de C y 37 Tm/ha de CO₂; Beraun (2011), realizó evaluación de carbono almacenado en pasto naturales y mejorados obteniendo una biomasa de 6,5 y 7 Tm/ha, 3,25 y 3,50 Tm/ha de C y 11,91 a 12,83, Tm/ha de CO₂. Según la producción de biomasa en el sistema sin árboles se puede indicar que existe un rendimiento adecuado del pasto establecido (rye grass + trébol), que permite tener una buena capacidad de retención de carbono; sin embargo, estos se pueden ver afectados en época de sequía por exceso de carga animal generando un sobre pastoreo, reduciendo su productividad.

4.3.6. Evaluación del contenido del suelo

El efecto de los sistemas silvopastorales sobre las características físicas del suelo dependerá de factores como la especie forestal, la densidad de plantación, tipo de pasto y la carga animal, que se maneje en cada sistema.

En el presente trabajo se realizó la evaluación de las características de suelo, teniendo como resultado que los sistemas presentan un pH fuertemente ácido (5,5) muy variado que va desde 4,09 en la pona a 5,61 en el ciprés, no encontrándose diferencia con el SSA; así mismo, se tiene un pH que a mayor profundidad aumenta, encontrándose de 4,75 (0-

15 cm) a 4,99 (0-30 cm), estos resultados indican que el tipo de árbol (coníferas y frondosas) y la densidad en el SSP provoca un efecto acidificante del suelo debido a que, las coníferas son de crecimiento rápido comparada con las frondosas (Fernández, 2008; Martínez, Fuentes, & Acevedo, 2008). Sin embargo, los resultados son similares a lo reportado por Oliva, Collazos, & Esparraga (2016), quienes analizaron el efecto del pino sobre las características de suelo, teniendo como resultado en pino un pH de 4,50 y sin árboles 4,83, con respecto a la profundidad obtuvo 4,64 (0-15 cm) y 4,69 (15 – 30 cm); así mismo, Oliva et al. (2016), realizó evaluación de cuatro sistemas de producción sobre la composición del suelo, teniendo como resultado un pH que va desde 3,99 a 6,18, destacando el aliso y el más bajo en sistema con pino; de igual manera Páez-Martínez, Bustamante, Espitia, & Cárdenas (2014), en Colombia analizaron el efecto del SSP en el contenido de suelo, obteniendo un pH ácido que va desde 4,7 a 5,2; Sin embargo, Rojas et al. (2009), en Costa Rica analizó un SSP con especies maderables, teniendo como resultados valores superiores de pH de 6,7 y conforme aumenta la profundidad mejora el pH llegando a 7.1.

Analizando el contenido CE y CIC se tiene como resultado que, no existe diferencia entre sistemas SSP y el SSA, teniendo como resultados menores de 0,08 (dS/m) y 30,51 (meq/100g) para el pino y mayores en 0,29 (dS/m) para el ciprés, y 35,72 (meq/100g) para SSA, esto indica que los suelos de los sistemas tienen una concentración de sales importantes que tienen relación directa con el pH, el tipo de suelo y cantidad de arcilla (Apráez, Gálvez, & Jojoa, 2014; Perez et al., 2017). Estos resultados son similares a los reportado por Maicelo (2012), quien realizó evaluación de la sustentabilidad del suelo y carbono del *Ceroxylum peruvianum* reportando un contenido de CE 0,27 (dS/m) y CIC 20,13 (meq/100g), además según Oliva et al. (2015), realizó evaluación en diferentes sistemas asociados con pona obteniendo en la asociación de pona + pasto una CE de 0,34 (dS/m) y CIC de 16,20 (meq/100g); también Chichipe & Esparra (2015), quienes analizaron la CE del suelo en tres sistemas de manejo obteniendo resultado de 0,32 (dS/m) en campo abierto, 0,22 (dS/m) en sistema forestal y 0,35 (dS/m) en SSP.

La MO y el C orgánico tienen una composición importante para desarrollo de las pasturas y el árbol en el SSP (Julca-Otiniano, Meneses-Florián, Blas-Sevillano & Bello-Amez, 2006); en la presente investigación se encontraron niveles altos en todos los sistemas, con un contenido de MO >6,74% y CO >3,91%; valores similares a lo reportado por Maicelo

(2012), quien realizó evaluación del *Ceroxylum*, con valores de MO 6,63% y CO 3,85%; también Oliva et al. (2017), reportó en el sistema con pino un contenido de MO de 5,68% y 3,29% de C; Chichipe & Esparra (2015), reportaron para un SSP un contenido de MO 6,75%; sin embargo, Roncallo, Murillo, Bonilla, & Barros (2012), en Colombia en un arreglo agrosilvopastoril reportaron valores menores de MO con 3,10%.

En el contenido de P los sistemas como pino, pona y SSA, muestra valores menores a 4,99 ppm y los sistemas con mejores valores fueron el aliso 12,68 ppm y ciprés 12,64 ppm, siendo este elemento un factor fundamental para la producción de la pastura dentro del SSP debido a que las gramíneas requieren una mayor cantidad de nutrientes en todo el componente (Fernández, 2008); resultados similares a lo reportado por Oliva, Collazos, & Esparra (2016), quienes obtuvieron resultados en el sistema con pino de 6,83 ppm y en el sistema sin árboles 6,81 ppm; así mismo, Oliva et al. (2016) reportaron para el SSP con pino 5,83 ppm, sistema a campo abierto 4,22 ppm y SSP con aliso 5,81 ppm; Páez-Martínez et al. (2014), en Colombia evaluó un SSP teniendo como resultado 10,54 ppm; Chichipe & Esparra (2015), reportaron valores de 6,72 ppm en campo abierto y 6,35 ppm en SSP con aliso; Saucedo (2018), en la evaluación de un sistema silvopastoril con aliso, obtuvo 6,97 ppm en árboles dispersos en potreros (ADP), 4,18 ppm en sistema campo abierto (SCA) y 9,68 ppm en árboles en callejones (AEC).

En el contenido de K se reportó en todos los sistemas un rango de medio a alto, teniendo niveles más bajo el pino con 122,83 ppm y el valor alto el ciprés con 382 ppm, valores que indican que existe disponibilidad de nutrientes importantes para atender las necesidades del SSP; estos resultados son superiores a lo reportado por Crespo (2008), en Cuba realizó evaluación de SSP para mantener y restaurar la fertilidad del suelo, teniendo como resultado 75 ppm en sistemas con pasturas; así mismo, según Oliva et al. (2016), reportaron valores de 109,95 ppm para el SSP con aliso y 135,75 ppm para el sistema sin árboles; Saucedo (2018), en evaluación de sistema silvopastoril en aliso, obtuvo 169 ppm en árboles dispersos en potrero, 224 ppm en campo abierto y árboles en callejones 214 ppm; además Oliva et al. (2015), reportó en evaluación de diferentes sistemas de producción con pona asociado con pasto con un contenido de 138,4 ppm en la asociación de pona.

La porosidad que presenta el suelo tiene una relación directa con la materia orgánica debido a que brinda aireación y permite el enraizamiento, encontrándose los valores mayores a 60% en todos los sistemas; estos resultados son similares a los reportado por Martínez et al. (2008), quien analizó las propiedades físicas del suelo en Chile, indicando que la estructura del suelo influye en el crecimiento de las raíces dando facilidades en su desarrollo y producción del SSP; así mismo, Roncallo et al. (2012), en Colombia realizó evaluación de las propiedades del suelo en un arreglo agrosilvopastoril, teniendo como resultado una porosidad de 40,8% y que a medida que aumenta la profundidad (20 – 60 cm) la porosidad disminuye llegando a 38,5%; Noguera & Vélez (2011), en Colombia realizó evaluación de la porosidad del suelo teniendo como resultados el sistema de bosque + kikuyo tiene una menor porosidad 49% g/cm^3 y el sistema con bosque mayor porosidad con 79,33% g/cm^3 , esto posiblemente se debe al efecto de caída de materia orgánico producto de las hojas que genera el SSP.

4.3.7. Evaluación de la resistencia mecánica del suelo

La resistencia mecánica en todos los sistemas evaluados muestra diferencias, teniendo una mayor resistencia en los SSP que el SSA; además, indica a mayor profundidad la resistencia se incrementa, mostrándose una resistencia más baja el sistema con pona 0,917 (kg/cm^2) y el más alto el ciprés 2,623 (kg/cm^2); resultados similares a lo reportado por Noguera & Vélez (2011), quienes mostraron una resistencia en el sistema con kikuyo con 3,0 (Mpa) debido al pastoreo excesivo de las pasturas y los sistemas con eucalipto y bosque primario tienen la menor resistencia de 0,5 (Mpa), indicando además que a mayor profundidad la resistencia aumenta, disminución la permeabilidad y la porosidad del suelo; además esto es corroborado por Martínez et al. (2008); Roncallo et al. (2012), quienes indican que la resistencia depende del manejo, pastura y especie de árbol que influye en las primeras capas del suelo. Por otro lado, Oliva et al. (2016), evaluó el grado de resistencia en pino, reportando una mayor compactación el sistema con pino 349,33 (PSI) y el sistema sin pino 322,69 (PSI), también Saucedo (2018), realizó evaluación de compactación en diferentes arreglos SSP con aliso, obteniendo como resultados que el sistema campo abierto tiene mayor compactación de 209 (PSI), cercas vivas 138 (PSI), árboles dispersos en potreros ADP 108 (PSI) y el sistema AEC 52 (PSI) con menor compactación, así mismo Oliva et al. (2016), en diferentes sistemas de producción, obtuvieron una resistencia de 395 (PSI) en el sistema a campo abierto y la menor compactación 61,44 (PSI) el sistema con bosque.

4.4. Evaluación del crecimiento, rendimiento, composición florística y nutricional de las pasturas en los sistemas

4.4.1. Evaluación del crecimiento de las pasturas

La pastura que predomina en los SSP es la asociación de rye grass + trébol, presentando un crecimiento mayor en invierno comparado con verano, debido a que existe mayor precipitación y disponibilidad de nutrientes, así como, la influencia del árbol; el mejor crecimiento fue el aliso con una altura de 72,50 cm (75 días), luego se encuentra el SSA con un crecimiento de 54 cm y el sistema que mostro un menor crecimiento fue la pona con 30,08 cm; resultados que indica que el efecto del árbol influye en el rendimiento de la pastura como es el aliso, especie que captura nitrógeno atmosférico al suelo aportando nutrientes permitiendo un adecuado crecimiento de la pastura (Calle, Murgueitio, & Chará, 2012); estos resultados son superiores a lo reportado por Vásquez, Quilcate, & Oliva (2017), quienes evaluaron quince variedades de pasturas, teniendo como resultado una altura de crecimiento del rye grass ecotipo cajamarquino de 52,43 cm; así mismo, Huaman, Vasquez, & Oliva (2018), en evaluación de pasturas nativas (leguminosas), obteniendo un crecimiento promedio de 53 cm, también Candelaria-Martínez, Rivera-Lorca, & Flota-Bañuelos (2017), realizaron evaluación de biomasa en un SSP tropical existiendo un mayor crecimiento en invierno con una altura de corte a los 70 días de 59,3 cm; por otro lado, en evaluaciones de pasturas tropicales el rendimiento fue mayor, según Massa, González, & Rossi (2016), realizaron evolución de pastizal natural en SSP con sauce, teniendo una altura de 1,5 a 1,8 m de altura, obteniendo un mejor crecimiento en época de primavera y verano; también Manríquez (2010), evaluó la productividad en un SSP, indicando que las pasturas tienen un mejor crecimiento en época húmeda, obteniendo una altura de 54 cm; de igual manera Vásquez & Maravi (2017), realizaron evaluación de la morera obteniendo un crecimiento de 66,70 cm como pastura tropical.

4.4.2. Producción de materia verde y materia seca

Las pasturas se conocen por la cantidad de materia verde y seca producida, donde contienen los nutrientes para alimentar a los animales, siendo algunas veces la pared celular la que puede absorber agua y retenerla, haciendo que la pastura no acumule nutrientes (Roza-Delgado, Fernández, & Gutiérrez, 2002); en la presente investigación se puede observar que existe una relación directa entre forraje verde y materia seca, obteniendo como resultado que, el SSP con mejor rendimiento fue el aliso con 1,413 (kg/m²) FV y 0,265 (kg/m²) de MS y el sistema más bajo fue el pino con 0,595 (kg/m²)

FV y 0,084 (kg/m²) de MS; resultados similares a lo reportado por Candelaria-Martínez et al. (2017), quien realizó evaluación de biomasa en México, reportando un contenido de 1,57 (kg/m²) de FV y 0,31 (kg/m²) de MS; así mismo, Vásquez et al. (2017), realizó evaluación de diferentes rye grass, teniendo como resultado en el ecotipo cajamarquino de 0,99 (kg/m²) de FV y 0,42 (kg/m²) de MS. Por otro lado, existe autores que reportaron un mayor contenido como Oliva et al. (2017), quien realizó evaluación de un área de pajonal reportando una biomasa verde de 5.70 (kg/m²) FV, y seca de 2,02 (kg/m²) MS; así mismo Ordóñez & Bojórquez (2004) en el establecimiento de variedades de *Lolium*, obtuvo un rendimiento de 2,43 (kg/m²) de FV y 0,485 (kg/m²) de MS; además, Huaman et al. (2018), realizó evaluación en leguminosas obteniendo como resultado una producción de 4,39 (kg/m²) de FV y 0,87 (kg/m²) MS; finalmente Massa et al. (2016); Vásquez & Maravi (2017), reportaron valores de 5,59 y 2,54 (kg/m²) de MS.

4.4.3. Evaluación de la composición florística

La composición florística en época de invierno, muestra que los sistemas como el aliso 48% y ciprés 49% destacan con un mayor contenido de gramíneas, pero cuando se analiza el contenido de malezas destacan el sistema con pona 49% seguido el SSA 43%, esto indica que el efecto del árbol influye en la composición florística, debido a que reducen el crecimiento de las pasturas e incrementando las malezas y el suelo desnudo; así mismo, en esta época las leguminosas disminuyen en su producción debido al exceso de humedad (Oliva, et al., 2017). Teniendo como resultado total de los sistemas con un 53% de pasturas, 35% de malezas y 12% de suelo desnudo; resultados similares a lo reportado por Saucedo (2018), quien evaluó un SSP con aliso, obteniendo un 56,3% de pasturas, 39,5% malezas y 4,2% de suelo desnudo; también Escobar (2018), reportó una composición florística en campo abierto de 61,8% de pasturas y 38,2% de malezas, diferenciándose en la composición florística con la presente investigación.

En época de verano se puede observar que la producción de pasturas disminuye, destacando en su crecimiento el sistema con pino 52% y ciprés 48% en las gramíneas y en las leguminosas destaca el aliso 24%, seguido del ciprés 17%; así mismo, en las malezas observamos que el sistema pona cuenta con 53% y SSA 44% y en suelo desnudo destaca el sistema con pona 20%, permaneciendo la composición de pasturas y malezas dentro de los SSP; sin embargo, se observa que el SSA y la pona, no generan sombra incrementando el número de malezas, esto es corroborado por Vásquez et al. (2016),

quien reporta que los SSP permiten mantener la diversidad florista herbácea frente al campo abierto. Por otro lado, se tiene como resultado total de la época de verano un 53% de pasturas, 32% de malezas y 15% de suelo desnudo, disminuyendo la cantidad de malezas y aumentando el suelo desnudo, esto se debe a la baja precipitación y radiación solar que afecta el crecimiento de las herbáceas; resultados que son inferiores a lo reportado por Escobar (2018), quien realizó evaluación de diferentes SSP, obteniendo un 79,57% de gramíneas, 10,43% leguminosas y 10% de malezas.

En la composición de pasturas en época de invierno se registró 08 especies de pastos y en verano 09, sobresaliendo en su producción el *Dactylis glomerata* (20%) en las dos épocas, seguido del *Lolium multiflorum* (12%) y *Trifolium repens* (17%); resultados que concuerda con lo reportado por Oliva et al. (2017), quien obtuvo en un SSP con pino 08 especies de pasto, 38% *Pennisetum clandestinum*, 25,40% *Philoglossa minuloides* y 18,90% el *Dactylis glomerata*; además, son similares a lo reportado por Saucedo (2018), quien indica, que la especie de pasto que predomina en el SSP con aliso fue el *Lolium multiflorum* con 33,6%; estos resultados indican que, en época de invierno crecen en mayor proporción las gramíneas y en época de verano las leguminosas, debido a la precipitación, efecto del árbol y la radiación solar que influye en el crecimiento de las pasturas.

Sobre la cantidad de malezas, en época de invierno se registró 26 especies de malezas mientras que en verano 20 especies, siendo la más predominante en las dos épocas las malezas de la familia Cyperaceae y la Poaceae; resultados que coinciden con lo reportado por Oliva et al. (2019); Oliva et al. (2015); Vásquez et al. (2016), quienes identificaron malezas en las principales cuencas ganadera de la región, teniendo como resultado un registro de 113 especies de malezas, representadas por las familias Poaceae y la Asteraceae; así mismo Oliva et al. (2017), reportó que la cubierta vegetal predominante de un pajonal está influenciada por la familia Poaceae; de igual manera Parra, Torres, & Ceroni (2004), realizaron evaluación de la composición florística y vegetación en una zona andina, obteniendo como resultados 179 especies y 57 familias destacando la Asteraceae y la Poaceae; por otro lado, Saucedo (2018), reportó que, en campo abierto la familia de malezas que sobre sale es la Poaceae y en SSP es el Fabaceae.

4.4.4. Evaluación de la composición nutricional y digestibilidad

Los sistemas silvopastoriles, son una combinación de tecnologías que integran en forma conjunta árboles o arbustos con herbáceas (pasturas), desempeñando una función importante en el sistema productivo (López-Vigoa et al., 2017). El análisis nutricional y digestibilidad de las especies forrajeras dentro de los sistemas (SSP y SSA) permite conocer la calidad y su oferta potencial del forraje en función a sus propiedades y calidad de nutrientes, con la finalidad de determinar el efecto del árbol en la pastura.

En la presente investigación se realizó evaluación de la composición nutricional, teniendo como resultado que, en el contenido de PC el sistema que sobresalió en su producción fue el aliso con 16,06%, debido al efecto la especie de arbórea (leguminosa) que fija nitrógeno para incorporarlo al suelo transfiriendo nutrientes a la pastura; seguido fue del pino con 15,50%, debido a la cantidad de materia orgánica que incorpora a través de la descomposición de hojas y el contenido más bajo fue la pastura asociado con pona 11,83% esto se debe al enraizamiento superficial que tiene el árbol impidiendo el crecimiento de la pastura y su contenido; estos resultados son similares a lo reportado por Rossi (2013), en Argentina quien realizó caracterización de especies forrajeras como *Lolium multiflorum* obteniendo una PC de 16,32%; Oliva et al. (2018), realizó evaluación en SSP con aliso sobre el rendimiento y valor nutritivo de pasturas, obteniendo una PC de 16,88%; coincide además con lo reportado por Escobar (2018), quien evaluó la calidad nutritiva en SSP obteniendo una PC en aliso de 16,50%, pino 15,87%, ciprés 13,73% y pona 12,30%; Saucedo (2018), reporto un contenido similar de PC con 16,07% en un SSP con aliso; además reporta en campo abierto una menor cantidad de PC de 10,92%; sin embargo, otros autores como Bezada et al. (2017), reportó valores superiores en PC con 19,02% analizado a la misma especie forrajera; en tanto Villalobos & Sánchez (2010), en Costa Rica analizaron al *Lolium perenne* reportando una PC de 25,21%, esta diferencia se podría atribuir al manejo agronómico y nutricional que tuvieron las pasturas, comparadas con el presente trabajo donde el productor no realiza ningún manejo.

Con respecto a la FDN y FC en la evaluación de los SSP se tiene como resultado que, en FDN el sistema que reportó mayor contenido fue la pona 59,33% y 26,71% y el más bajo fue el aliso con 48,23%, con respecto a FC el valor más alto fue el SSA con 26,02%; estos resultados indican, que mientras mayor contenido de FDN y FC muestre las pasturas, menor degradación tendrá al momento que lo consume los animales debido al contenido

de la pared celular; valores que son equivalentes a lo reportado por Bezada et al. (2017), mostrando un contenido de FDN de 60,98% y FC 16,50% analizado a la misma pastura; igualmente Escobar (2018), obtuvo valores similares de FDN de 55,68% y en FC 25,33%; del mismo modo Zagaceta, Vásquez, Vigo, Salas, & Maicelo (2017), evaluaron un SSP, asociado con pastura nección reportando valores de FDN de 57,3% y FC de 26,9%; Villalobos & Sánchez (2010), reportan valores similares de FDN de 48,43% en la misma pastura y en FC Oliva et al. (2015), reportó valores inferiores de 13,43% de FC analizado a una pastura nativa; por otro lado, Saucedo (2018), reportó un mayor contenido de FDN de 62.46 y 28% de FC analizado aun SSP con aliso, esto posiblemente se debe a la época y edad de corte de la pastura.

Respecto a G y Cz, se tiene como resultado que el sistema con mejores valores fue para G el SSP con pino con 2,57% y el más bajo fue el aliso con 2,40% y para Cz el valor alto fue el ciprés con 9,64% y el más bajo el aliso con 7,77%; valores inferiores a lo reportado por Bezada et al. (2017), quien evaluó el *Lolium multiplorum* un contenido de G de 4,53% y Cz de 12,79%, esta mayor cantidad posiblemente se debe al manejo agronómico que tiene la pastura sin la interferencia del árbol; además observamos valores similares a lo reportado por Escobar (2018), quien mostro en diferentes SSP un contenido de G 1,99% y Cz 8,54%, también Saucedo (2018), reportó en G 3,39% y en Cz 8,45% analizando a las pasturas presentes en un SSP con aliso en diferentes arreglos; por otro lado Apréaz et al. (2014), reportó el valores nutricionales de algunos recursos forrajero, obteniendo una G de 16,3% y García et al. (2009), reportó un contenido de Cz de 9,78%, estos valores posiblemente son superiores debido a que las pasturas analizadas han sido fertilizadas y crecieron a campo abierto.

Con referencia a la digestibilidad es necesario indicar que el valor nutritivo de los alimentos está determinado por la disponibilidad de nutrientes y la dinámica de los procesos de solubilización e hidrólisis realizado en el rumen del animal, para lo cual se realizó un análisis de DIV, teniendo como resultado que la pastura proveniente del sistema con aliso tiene una digestibilidad del 66,14%, seguido por el ciprés con 63,09% y el sistema con menor digestibilidad fue la pona con 52,87%, estos resultados tiene relación directa con la FC y FDN debido a que los pastos más fibrosos y con mayor pared celular tienen menor digestibilidad; resultados similares a lo reportado por Rossi (2013), mostrando una DIV de 62,43% realizado a la misma pastura; por otro lado se observa que

Escobar (2018) reportó valores similares en diferentes sistemas con una DIV de 69,19, en SSP con aliso, 58,13%, pino 67,17% en ciprés 67,17% y pona 52,54%, pero se muestra valores diferentes en campo abierto con una DIV de 77,79% presentando una mejor digestibilidad que los SSP; de igual manera Galoc (2017), quien realizó evaluación de pasturas nativas obteniendo una DIV de 65,54%; García et al. (2009), reportó valores similares en DIV de 58,11% en leguminosas y 69,56% no leguminosas. Por otro lado, se observa valores superiores como los reportado por Oliva et al. (2015), quien realizó evaluación de leguminosas nativas con una DIV de 77,8%; así mismo, Flores et al. (2014), en España reportó una digestibilidad de 70,8% analizado a un rye grass híbrido en diferentes momentos de corte. Por otro lado, se muestran resultados inferiores como los reportado por Villalobos & Sánchez (2010), en Costa Rica con una DIV de 77,95%.

4.5. Determinar las reservas de carbono total en los diferentes sistemas

4.5.1. Evaluación de reservas de carbono total en suelo

Los contenidos de carbono en el suelo dependen de los principales factores a largo plazo relacionados con la formación del suelo, pero pueden ser fuertemente modificados, degradados o mejorados por los cambios en el uso y el manejo de la tierra, producto de ello se han establecido SSP que pueden tener grandes concentraciones de carbono almacenada en el suelo debido a la biomasa arbórea y la biodiversidad forestal que ha venido acumulando la tierra dentro del sistema (Alegre et al., 2001); en la presente investigación se realizó la cuantificación del C en el suelo a una profundidad de 30 cm en los diferentes sistemas, el suelo del SSP con mejor acumulación de C fue el pino con 149,05 Tm/ha, el sistema con menor contenido fue el aliso con 101,30 Tm/ha de C y el SSA presento una acumulación intermedia de 129,61 Tm/ha, estos valores indican que la acumulación de hojarasca en el sistema produce una acumulación de materia orgánica transformándose en C; resultados superiores a lo reportado por Alegre et al. (2001), quien evaluó dos sistemas bosque primario y bosque secundario con un acumulación de C de 76,81 Tm/ha y 68,33 Tm/ha; también Lok et al. (2013) en Cuba reportó C en SSP y monocultivo con 65,3 Tm/ha y 43,7 Tm/ha; Oliva et al. (2017), reportó un contenido de C en SSP con pino de 81,24 Tm/ha a una profundidad de 30 cm; igualmente Medina, Perez, & Ruiz (2008) en Nicaragua, evaluaron C en el suelo de café, obteniendo 84,28 Tm/ha de C a una profundidad de 30 cm inferior a lo reportado debido a que es un sistema agroforestal con menor densidad de árboles que el SSP; así mismo, Rojas et al. (2009), en Costa Rica realizó un trabajo de secuestro de carbono en SSP asociado con especies

maderables nativas, reportando un C en SSP de 113,2 Tm/ha y en SSA 103,4 Tm/ha evaluado a una profundidad de 60 cm.

Otros autores reportaron valores similares como Garcia & Del Castillo (2013), quienes reportaron en bosque de bambú un contenido de C de 120,55 Tm/ha, a una profundidad de 1 m del suelo; además Acosta-Mireles, Carrillo-Anzures, & Díaz (2008), en México, realizaron determinación de C en bosques mixtos de *Pinus patula* obteniendo un C de 164 Tm/ha a una profundidad de 40 cm. Por otro lado, Chichipe & Esparra (2015), realizaron evaluación de suelo en tres sistemas de manejo obteniendo como resultado en SSP 240,25 Tm/ha, bosque forestal 316,21 Tm/ha y en campo abierto 160,31 Tm/ha, valores superiores debido a que se analizaron sistemas que tiene una mayor densidad de árboles evaluado a una profundidad del suelo 60 cm.

El carbono en todos los sistemas de manejo del suelo se encuentra almacenado en mayor cantidad en los primeros 15 cm (0-15cm), y a medida que la profundidad se incrementa la cantidad almacenada de C disminuye, en la presente investigación se tiene como resultado que la mayor acumulación se dio en la profundidad de 0 – 15 cm con 91,5 Tm/ha y de 15 a 30 cm 32,26 Tm/ha. Según Alegre et al. (2001), indica que el carbono acumulado en los estratos superiores del suelo posee mayor cantidad y variabilidad porque está en función del cambio en el uso y manejo del suelo. Además, esto coincide con lo planteado por Ibrahim et al. (2007), quien asegura que el C del suelo varía con la profundidad, y está en correspondencia con el tipo de suelo, con el contenido y descomposición de la materia orgánica. Según la FAO (2002), indica que el contenido de C disminuyó ligeramente conforme se incrementa la profundidad, este patrón de distribución de C constituye un fenómeno natural muy común en los bosques primarios y SSP, coincidiendo con lo señalado en la presente investigación.

4.5.2. Evaluación de reservas de carbono en la biomasa

La estimación de biomasa de un sistema, es un elemento de gran importancia debido a que esta permite determinar la cantidad potencial de carbono que puede ser liberado a la atmosfera, o conservado y fijado en el componente arbóreo, hojarasca y herbácea de cada sistema (Schlegel, 2001). Los resultados del carbono de la biomasa indican que el sistema con una mayor cantidad de carbono fue la pona con 57,86 Tm/ha y el más bajo en el SSP fue el aliso con 6,85 Tm/ha, además el SSA presento 1,72 Tm/ha de biomasa proveniente

del componente herbáceo; valores superiores a lo reportado por Rojas et al. (2009), quien evaluó carbono en SSP en especies maderables con un contenido de 6,75 Tm/ha; por otro lado observamos reportes inferiores como lo reportado por Fluker & Sánchez (2016), quienes evaluaron un SSP con aliso con un total de C en la biomasa de 4,72 Tm/ha; Oliva et al. (2017), reportó carbono de la biomasa en SSP con pino con un C de 10,89 Tm/ha. Sin embargo, se reportan valores superiores a lo reportados por Epiquin et al. (2018), en evaluación de C en tara obteniendo 64,39 Tm/ha; así mismo, Garcia & Del Castillo (2013), quienes evaluaron un bosque de bambú obteniendo 122,12 Tm/ha de C en la biomasa; Alegre et al. (2001), reportó valores de C de un bosque primario con 164.17 Tm/ha y bosque secundario con 127,1 Tm/ha, estos valores superiores se debe a que los sistemas evaluados tienen una mayor densidad de árboles y establecidos como macizos forestales.

Además, podemos indicar que los resultados de C en la biomasa son superiores en la Pona debido a que el componente arbóreo es de mayor tamaño y edad, generando una mayor biomasa y carbono retenido sobresaliendo en todos los sistemas evaluados se corroborado por Maicelo (2012), quien indica que la pona (*Ceroxylon peruvianum*) tiene el mayor contenido de carbono representando un 56% del total de la biomasa seca, valores que fueron considerados en la presente investigación, por su mayor contenido.

4.5.3. Evaluación de las reservas de carbono total

Los SSP desempeñan un papel importante en el ciclo global del carbono, debido a que integran diversos componentes y ecosistemas extremadamente dinámicos, que regulan la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera mediante la fijación del mismo y su reincorporación al ciclo normal convirtiendo en carbohidratos y tejidos a través del proceso de fotosíntesis, como parte del ciclo del carbono (Lapeyre et al., 2004). En general, se acepta que el contenido de C en la biomasa arbórea se encuentre en un rango de 43 a 58% y está influenciada por el lugar, tipo de árbol y edad de las plantaciones (Gayoso & Guerra, 2005). Siendo necesario ampliar el conocimiento del contenido de C en la biomasa con la finalidad de determinar el balance CO₂ y construir indicadores para futuros proyectos negociables en el mercado del C.

En la presente investigación se tiene como resultado que, en los SSP el sistema con una mayor cantidad de C retenido fue la pona (*Ceroxylon quindiuense*) con 179,49 Tm/ha,

seguido por el pino (*Pinus patula*) con 160.75 Tm/ha, ciprés (*Cupressus macrocarpa*) 150,09 Tm/ha, y el más bajo fue el aliso (*Alnus acuminata*) con 108.15 Tm/ha; en cuanto al SSA obtuvo una cantidad de C de 131,33 Tm/ha, valores que indican que el árbol tiene un efecto significativo en la cantidad de C retenido, mientras mayor material seco se incorpore producto de la caída de las hojas, así mismo mayor edad y altura que tenga el componente arbóreo la retención de C se incrementa; resultados superiores a lo reportado en Colombia por Alonso (2011), quien evaluó tres especies arbóreas bajo SSP obteniendo en el sistema con *Acacia mangium* 96 Tm/ha, *Eucalyptus deglupta* 95 Tm/ha y *Alnus acuminata* 194 Tm/ha; así mismo, reportó en el SSA con *Pennisetum clandestinum* 185 Tm/ha valores superiores a lo reportado en la presente investigación, estos valores se deben a que, han sido evaluados en zonas tropicales donde existe una mayor producción de pasturas; también Rodríguez et al. (2009), en México realizó evaluación de C en bosque de pino-encino, obteniendo un C de 110 Tm/ha; así mismo, Anguiano et al. (2013) en México reportó valores inferiores en sistemas agrosilvopastoriles con *Leucaena leucocephala* una cantidad de 128,62 Tm/ha; de igual forma Gamarra (2001), estimó la concentración de C en un sistema forestal con *Eucalypto globulus* con una cantidad de 137 Tm/ha, valores similares a pesar que se analizó a un bosque de mayor densidad de árboles; por otro lado, Schlegel (2001), en Chile obtuvo un C en bosque forestal de 130,70 Tm/ha; también Ibrahim et al. (2007), en Costa Rica reportó C en diferentes sistemas ganaderos, indicando que en el sistema con baja densidad de árboles retiene 119,16 Tm/ha, en pastura mejorada sin árboles 97,3 Tm/ha y bosque secundario 162,18 Tm/ha resultados similares a los reportados en la presente investigación; en la región Amazonas Oliva et al. (2017), reportó en SSP con pino una cantidad de 92,13 Tm/ha valores inferiores debido a que el SSP evaluado tenía una menor edad (7 años); además, Callo-Concha et al. (2001), realizó evaluación a diferentes sistemas agroforestales, con valores similares en bosque secundario 180,99 Tm/ha, silvopastura 119,75 Tm/ha y pastura sola 97,26 Tm/ha.

También se reportó valores superiores debido a que se analizaron bosques primarios con mayor densidad de árboles y producción de pastura tropical, como lo reportado por Lapeyre et al. (2004), quien realizó evaluación en diferentes sistemas obteniendo un C en bosque primario de 485 Tm/ha, bosque secundario 234 Tm/ha, además estos valores superiores se debe a que se evaluaron bosques establecidos y deforestados de más de 50 años presentando una mayor biomasa vegetal; también Giraldo et al. (2008), reportó en

Colombia C en SSP con alta densidad de árboles 260,09 Tm/ha, SSP con baja densidad de árboles 251,11 Tm/ha y pastura sola 154,22 Tm/ha; igualmente Hidalgo (2011), realizó evaluación de reservas de C en sistemas agroforestales obteniendo valores de 217,56 Tm/ha; del mismo modo Martel & Cairampoma (2012), reportaron carbono almacenado en formaciones vegetales de 260,79 Tm/ha valores superiores debido a que se analizaron a un bosque primario con alta densidad vegetal, típico de la Amazonia Peruana.

Además se reportaron valores con diferentes unidades de medida pero que contienen la misma cantidad de C retenido en los sistemas como los reportado por Rojas (2014), en Costa Rica quien realizó evaluación de C en plantaciones forestales obteniendo en *Pinus caribaea* 230 Mg/ha, *Cupressus lusitánica* 123 Mg/ha y *Eucalytus deglupta* 69 Mg/ha; así mismo, Bolaños et al. (2016), en México estimó carbono en especies arbóreas como oyamel con 376 Tm/ha y ciprés 205 Tm/ha, valores superiores debido a que se cuantificó a un sistema forestal con mayor edad y densidad.

4.5.3.1. Comparación de carbono con diferentes trabajos de investigación

La Tabla 36, muestra una comparación de carbono retenido en diferentes sistemas de producción silvopastoriles, agroforestales, pasturas y sistemas sin árboles, realizado en diferentes países de la región, observándose que los resultados de la presente investigación son similares a lo reportado por diversos autores con pequeñas diferencias propias del sistema de manejo, tipo de árbol y pastura que manejan cada uno de ellos, permitiendo conocer la captura de carbono por cada uno de los componentes que interviene en el sistema, destacando la captura de carbono en el suelo en todos los sistemas, seguido por el componente arbóreo, hojarasca y herbácea.

También se observa que algunos autores reportan carbono en el sistema radicular y los árboles muertos propio de los sistemas forestales, en la presente investigación no se consideraron estos factores debido a que nuestra evaluación fue bajo el método indirecto no destructivo, por lo cual, no se contó con dicha información para el análisis.

Tabla 36. Comparación de carbono en diferentes sistemas con los resultados de la presente investigación

Tipo de sistema	Carbono biomasa (Tm/ha)					Carbono suelo (Tm/ha)	Carbono Total (Tm/ha)	Fuente	País
	Árborea	Hojarasca	Herbácea	Radical	Árboles muertos				
<i>Aliso + Pennisetum clandestinum</i>			2.65			191.50	194.15	Alonso, 2011	Cuba
<i>Pennisetum clandestinum</i>						185.00	185.00		
Agrosilvopastoril	125.93		2.63				128.56	Anguiano et al., 2013	México
Bosque forestal	39.01	37.58		12.68	40.73		130.00	Schelegel, 2001	Chile
<i>Eucalyptus globulus</i>	73.03	4.99		21.64		37.39	137.05	Gamarra, 2001	Perú
Bosque de pino encino	83.31	9.88	0.31	16.51			110.01	Rodríguez, 2009	México
<i>Cupressus lusitanica</i>	73.00	23.00			7.00	102.00	205.00	Bolaños et al., 2016	México
Silvopastura	30.40	0.65	0.91		1.44	86.38	119.78	Callo-Concha et al., 2001	Perú
Pastura	2.28	0.69	1.28		0.00	93.01	97.26		
SSP alta densidad de árboles	97.38		6.50		156.21		260.09	Giraldo et al., 2008	Colombia
SSP baja densidad de árboles	100.07		8.36		142.68		251.11		
Pasto solo			14.23		139.99		154.22		
Agroforestal	66.60	0.37	27.41			123.18	217.56	Hidalgo, 2011	Perú
Pastura mejorada, baja densidad de árboles	1.63					117.53	119.16	Ibrahim et al., 2007	Costa Rica
Pastura natural, baja densidad de árboles	11.90					91.02	102.92		
Pastura mejorada, alta densidad de árboles	9.00					106.30	115.30		
Pastura natural, alta densidad de árboles	7.09					121.70	128.79		
Pastura mejorada sin árboles						97.30	97.30		
SSP con pino	8.27	1.49	1.13			81.24	92.13	Oliva et al., 2017	Perú
Bosque primario	160.93	0.73		2.61		76.81	241.08	Alegre et al., 2001	Perú
Bosque secundario	123.21	2.85		1.04		68.33	195.43		
Pastura degradada		0.68	2.42	0.68		35.74	39.52		
SSP Aliso	3.20	2.24	1.40			101.30	108.14	Trabajo de investigación	Perú
SSP Pino	7.18	3.23	1.30			149.05	160.76		
SSP Ciprés	27.45	3.52	1.84			117.28	150.09		
SSP Pona	54.82	2.09	0.96			121.63	179.50		
Sistema sin árboles			1.72			129.61	131.33		

4.5.4. Evaluación de reservas de CO₂ en los sistemas

Los SSP son sumideros de CO₂ debido a que combinan diferentes componentes como árboles, pastos y suelo, acumulando carbono en la materia orgánica y en la biomasa viva de las plantas, aumentando la captura de gases efecto invernadero teniendo un impacto de gran importancia en la disminución de la concentración de CO₂ en la atmósfera (Botero, 2002). En el presente trabajo de investigación la mayor cantidad de CO₂ retenido fue el sistema con pona 658,00 Tm/ha, seguido del pino 589 Tm/ha, ciprés 550,22, el más bajo fue el aliso con 396,46 Tm/ha, y el SSA obtuvo 481,44 Tm/ha; resultados superiores a lo reportado por Oliva et al. (2017), quien evaluó a un SSP con pino obteniendo 337,20 Tm/ha de CO₂; así mismo Epiquin et al. (2018) evaluó a un bosque de tara obteniendo 236,12 Tm/ha de CO₂; sin embargo, Gamarra (2001), reportó valores similares en plantaciones de eucalipto con reservas de 503 Tm/ha de CO₂. Por otro lado, se reportaron valores inferiores de las reservas de CO₂ en SSP y sistemas agroforestales como los reportado por Naranjo, Cuartas, Murgueitio, Chará, & Barahona (2012), quienes indican que los SSP intensivos pueden remover anualmente 17 a 34 Tm/ha/año de CO₂; de igual manera Maicelo (2014), reportó 359,54 Kg/CO₂ por árbol de pona.

4.6. Determinar la eficiencia de los sistemas silvopastoriles

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre la eficiencia de los sistemas silvopastoriles en relación a la capacidad de concentración de nutrientes que tiene cada uno de los sistemas, destaca la pona con 1 273,29 Tm/ha, seguido por el pino con 1 199,54 Tm/ha, ciprés con 1 090,23 Tm/ha, el SSA con 978,91 Tm/ha y el menor contenido el aliso con 808,23 Tm/ha, estos resultados indica que la pona tiene una mejor capacidad fotosintética debido a su formación arbórea transformándose en una planta con mayor eficiencia en el uso de los recursos ambientales para retener nutrientes destacando una mayor acumulación de carbono en la parte arbórea y suelo, esto lo corrobora Hua et al. (2014), quien indica, que la eficiencia de secuestro de carbono se debe al balance de los insumos que se generan en suelo y planta, debido al reciclaje de nutrientes, residuos de los cultivos, enmiendas orgánicas (compost) y estiércol del animal expresándose como un indicador de secuestro de carbono; por lo tanto, la información sobre la eficiencia de secuestro de C es útil para buscar estrategias de gestión de sistemas más eficientes para mejorar los servicios ambientales y el rendimiento productivo.

Dentro del carbono retenido destaca el sistema con pona con 179,01 Tm/ha, seguido del pino con 160,75 y el ciprés con 150,10, esto posiblemente se debe, a que estas especies arbóreas son las que tienen mayor crecimiento radicular para la extracción de nutrientes, permitiéndoles una mayor acumulación de tejido vegetal transformándose en mayor cantidad de carbono, esto es corroborado por Botero (2011), quien indica que los sistemas silvopastoriles son eficientes debido a la presencia de árboles o arbustos, esta eficiencia puede ser mayor precisamente por la profundidad y abundancia de sus sistemas radicales, para capturar nutrientes.

Otro factor importante a mencionar es el sistema silvopastoril con pino, que muestra una acumulación de nutrientes importantes en el suelo con 421,29 Tm/ha, esto se debe, a que es una planta que permanentemente se defolia acumulando material debajo del árbol transformándose en una mayor cantidad de carbono y materia orgánica, brindando nutrientes para el crecimiento de las pasturas. Al respecto Hua et al. (2014), indica que la eficiencia general de secuestro de carbono en el suelo se debe a una amplia gama de insumos a través de la descomposición de residuos (hojas), raíces, rastrojos, paja y estiércol que con el pasar del tiempo se descomponen y agregan nutrientes al suelo.

Con respecto a la acumulación de nutrientes en las pasturas, se obtuvo una mejor acumulación en el SSA 2,24 Tm/ha, esto probablemente se debe a que no existe el efecto del árbol para realizar la fotosíntesis y la planta no tiene competencia por agua, luz para la extracción de nutrientes por lo tanto las pasturas crecen libremente generando un mayor rendimiento. Al respecto, Botero (2011), refiere que la eficiencia para la fijación de nutrientes y carbono en pastizales con pasturas mejorados o naturales radica en que estos poseen, generalmente, sistemas radicales profundos, lo que puede contribuir fuertemente a la productividad primaria neta de las especies y, por tanto, a la capacidad de inmovilización de carbono.

El CO₂ es el gas de mayor importancia desde el punto de vista del calentamiento global, presentando una mejor acumulación el sistema con pona 658,74 Tm/ha, esto podría deberse a que al tener mayor crecimiento del tejido vegetal la planta tiene mayor reciclaje de nutrientes mejorando el contenido de materia orgánica en el suelo transformándose en una mayor acumulación de dióxido de carbono y el sistema con menor cantidad fue el aliso con 396,46 Tm/ha, esto se debe al menor tamaño del árbol y el enraizamiento

superficial que presenta. Al respecto, Mahecha (2002), indica que el suelo de los SSP son potenciales sumideros de carbono que pueden contribuir a mitigar el efecto de las emisiones globales de carbono. Por otro lado, Botero (2011), indica que la productividad primaria neta de las plantas y suelo tiene implicaciones directas sobre la capacidad de emitir o secuestrar gases invernadero que quedarán sujetos en la biomasa producida por el componente vegetal del sistema.

Estos valores de CO₂ que generan los SSP pueden convertirse en valores económicos y venderse en el mercado como bonos de carbono, actualmente se cotiza una tonelada de CO₂ en US\$ 24,33, calculándose el valor que tendría el SSP con una pona de 656,74 Tm de CO₂ se valorizaría en US\$ 15,978 aproximadamente (SENDECO, 2019).

V. CONCLUSIONES

5.1. Identificación de los principales SSP prevalentes en la cuenca ganadera de Molinopampa

Los principales sistemas silvopastoriles que se manejan en cuenca ganadera del distrito de Molinopampa son el aliso (41,5%), pino (22,3%), ciprés (16,9%) y pona (19,2%) distribuyéndose en la mayoría de los productores quienes se dedican al manejo ganadero (70%) donde predomina la raza brown swiss (80,8%) con pasturas mejoras (rye grass + trébol) que ayudan a desarrollar adecuadamente la ganadería, teniendo una producción lechera (de 8 a 10 Lt/vaca/día) que les permite mejorar los ingresos económicos de los productores.

Además, los sistemas silvopastoriles establecidos por los propios productores, cuentan con pequeñas áreas (28,5%) con (0,5 a 1 ha) y se encuentran bajo tres diseños, árboles dispersos en potrero (39,1%), cercos vivos (34,8%) y árboles en callejones (26,1%), que les permite dividir, proteger el terreno, brindar sombra a los animales y diversificar la producción con árboles maderables para mejorar la actividad económica y ambiental en el manejo de la ganadería.

5.2. Caracterización de los productores que manejan sistemas silvopastoriles

Para caracterizar los productores que manejan SSP se formó cinco grupos que se diferencia el uno del otro, tomando en consideración tres importantes variables, área del SSP que maneja, el número de animales y la producción diaria de leche por hato ganadero, presentando mejores indicadores el grupo IV, quienes se dedican netamente a la ganadería en un 57% de los productores, cuentan con un área de SSP establecido mayor a 6 ha, posee más de 51 cabezas de ganado vacuno y tienen una producción diaria de leche de 70 litros/hato/día.

El análisis multivariado indica que los productores cuanto mayor conocimiento y capacitación reciba, el desarrollo de una ganadería sostenible con SSP se incrementa, considerando la siembra de árboles para protección del ganado, madera, conservar el agua y la biodiversidad.

5.3. Caracterización del componente arbóreo, herbácea, hojarasca y suelo de los sistemas SSP

El sistema con mayor cantidad de biomasa arbórea fue la pona (96,61 Tm/ha), debido a que posee árboles con mayor tamaño, edad y diámetro, repercutiendo en su nivel de producción, establecidos en forma natural bajo el diseño de árboles dispersos en potrero. En cuanto a la hojarasca el sistema con mayor contenido fue el pino (7,55 Tm/ha) y ciprés (7,03 Tm/ha) debido a que son especies arbóreas maderables que presentan una mayor cantidad de biomasa y permanentemente son podadas incorporando materia orgánica al suelo, los mismos que se encuentran establecidos bajo un diseño de árboles en callejones y cercos vivos. La producción en herbácea fue mayor en el aliso (5,34 Tm/ha) debido al sistema establecido bajo un diseño de árboles en callejones que permite crecer adecuadamente las pasturas, además que es una especie que incorpora permanentemente nitrógeno al suelo, aprovechando adecuadamente la pastura para su productividad; el sistema sin árboles mostro (4,03 Tm/ha) debido a que tiene establecido un pasto mejorado (rye grass + trébol) no teniendo el efecto del árbol en la producción.

Las características químicas del suelo fueron similares en los sistemas silvopastoriles comparado con el sistema sin árboles; teniendo un mejor contenido el pino debido a una mayor composición de materia orgánica (9,99%) y carbono orgánico (5,79) y el sistema con mejor contenido de fósforo (12,64 ppm) y potasio (382,33 ppm) fue el ciprés, sistemas silvopastoriles que cuentan con especies forestales que tiene un enraizamiento profundo, incorporando permanentemente materia orgánica a través de la descomposición de hojas, mejorando las características del suelo.

La densidad de árboles, así como la especie forestal establecida ha provocado un efecto diferente sobre el pH de los sistemas de manera que, se ha obtenido un pH ligeramente más ácido en el caso de aquellos sistemas en las cuales se combinan las densidades de plantación mayores con una cubierta forestal de pino (4,37) y pona (4,09), esto se debe al desprendimiento masivo de hojas del pino y frutos de pona que caen al suelo provocando un mayor efecto acidificante, teniendo al sistema con un pH moderado al ciprés con (5,61).

En todos los sistemas evaluados se observa una mayor acumulación de nutrientes en el suelo a una profundidad de 15 cm (materia orgánica 13,38%), disminuyendo

notablemente el contenido conforme se incrementa la profundidad a 30 cm (materia orgánica 3,34%), este patrón de distribución de nutrientes constituye un fenómeno natural y común en los sistemas silvopastoriles debido al tipo de suelo, contenido y descomposición de la materia orgánica.

La resistencia mecánica que muestra los suelos en los sistemas fueron diferentes, siendo mayor en el ciprés ($2,623 \text{ kg/cm}^2$) y aliso ($2,457 \text{ kg/cm}^2$) debido a su distribución de raíces superficiales que permiten una mayor resistencia a la penetración y conforme aumenta la profundidad, tal es el caso del aliso ($2,19 \text{ kg/cm}^2$) disminuye la resistencia; mientras que en los demás sistemas aumenta la resistencia mecánica, debido al enraizamiento profundo del componente arbóreo ocasionando compactación del suelo. Siendo la pona la que tiene menor resistencia ($0,917 \text{ kg/cm}^2$) permitiendo el desarrollo de raíces, transporte de nutrientes debido a la porosidad del suelo.

5.4. Evaluación del crecimiento, rendimiento, composición florística y nutricional de las pasturas en los sistemas

Las pasturas con mayor crecimiento en el sistema silvopastoril fue el aliso logrando una altura (72,50 cm) con pastura establecida de rye grass + trébol, y en el sistema sin árboles obtuvo un crecimiento de (54 cm) con la misma especie de pasto, estos dos sistemas mantuvieron su crecimiento, en toda la etapa de evaluación y en las dos épocas (invierno y verano). Así mismo, el mayor crecimiento de las pasturas en todos los sistemas fue en invierno comparado con verano, debido a una mayor precipitación que ayuda al desarrollo adecuado de las pasturas, no existiendo diferencia entre sistemas manteniéndose su crecimiento en las dos épocas.

Existe una influencia positiva en el sistema silvopastoril con aliso sobre el rendimiento de materia seca, mostrando un contenido de ($0,265 \text{ kg/m}^2$), seguido por el sistema sin árboles ($0,253 \text{ kg/m}^2$) manteniendo su producción durante todo el periodo de evaluación y época del año. Además, todos los sistemas mostraron un mayor rendimiento de materia seca en invierno comparado con la época de verano, debido a que las pasturas tuvieron un mayor crecimiento, traduciéndose en una mayor producción de materia seca.

En la composición florística no existió marcadas diferencia entre sistemas, destacando los sistemas con un mayor contenido de gramíneas fue el ciprés con (48,5%) seguido por

el pino (48%) y en menor cantidad fue la pona (31,5%), con respecto a la cantidad de malezas el sistema que mostro una mayor cantidad fue la pona (51%) seguido del sistema sin árboles (43,5%), destacando una mayor cantidad de malezas en invierno (26 especies) que en verano (20 especies); siendo la pastura predominante el *Dactylis glomerata* (20%) seguido del seguido del *Lolium multiflorum* (12%) y trébol *Trifolium repens* (17%) y familias de malezas predominantes en todos los sistemas fueron las familias Cyperace y la Poaceae.

En cuanto a la composición nutricional y digestibilidad existe una influencia marcada por el árbol obteniendo una diferencia entre sistemas silvopastoriles evaluados, destacando el sistema con aliso quien mostro un mejor contenido de proteína cruda (16,06%), fibra de detergente neutro (48,23%) y digestibilidad (66,14%); en cuanto al sistema sin árboles obtuvo un contenido nutricional y digestibilidad intermedia que refleja adecuadamente una producción de las pasturas y su contenido, en mejores condiciones productivas que el sistema silvopastoril como pona.

5.5. Determinar las reservas de carbono total en los diferentes sistemas

La mayor reserva de carbono de los sistemas se encuentra en el suelo, siendo el sistema con un mejor contenido el sistema silvopastoril con pino (149 Tm/ha) observando una clara influencia del árbol en el contenido, seguido por el sistema sin árboles (129,61 Tm/ha) en comparación con los demás sistemas, estas reservas fueron analizadas a una profundidad de 30 cm, encontrándose la mayor reserva de carbono a los 15 cm (74%).

En las reservas de carbono en la biomasa fue mayor en el componente arbóreo, siendo los sistemas silvopastoriles los que mostraron una diferencia entre sistemas, con un mayor contenido el sistema con pona (57,86 Tm/ha), seguido por el ciprés (32,81 Tm/ha) y el sistema sin árboles fue el más bajo con un contenido de (1,72 Tm/ha), esto indica que mientras mayor edad, altura y árboles por unidad de superficie tenga el sistema la concentración de carbono en la biomasa se incrementa.

Los sistemas que mostraron una mayor retención de carbono fueron los sistemas silvopastoriles como la pona (179,49 Tm/ha), seguido por pino (160,75 Tm/ha), ciprés (150,09 Tm/ha) y el más bajo fue el aliso (108 Tm/ha); en el sistema sin árboles se tiene una retención de carbono de (131,33 Tm/ha), existiendo una diferencia significativa entre

sistemas, debido a la acumulación que genera el componente arbóreo, edad, especie de árbol y arreglo silvopastoril que conforma cada sistema.

Los sistemas que tienen una mayor cantidad de CO₂ retenido fue en el sistema silvopastoril con pona (658 Tm/ha de CO₂), seguido por pino (589,30 Tm/ha), ciprés (550,22 Tm/ha), sistema sin árboles (481,44 Tm/ha) y el más bajo fue el aliso (396 Tm/ha de CO₂), esto permite aumentar la captura de gases efecto invernadero teniendo un impacto de gran importancia en la disminución de la concentración de CO₂ en la atmosfera.

5.6. Determinar la eficiencia de los sistemas silvopastoriles

El sistema que destaco con mayor eficiencia en la retención de nutrientes totales fue la pona 1 273,29 Tm/ha, seguido por el pino 1 199,54 Tm/ha, ciprés 1 090.23 Tm/ha, sistema sin árboles 978,91 Tm/ha y el menor contenido fue el aliso 808,23 Tm/ha, esto indica que la pona tiene una mejor capacidad de fotosíntesis, acumulando mayor carbono en la parte arbórea y suelo, contribuyendo con los servicios ambientales para disminuir los efectos del cambio climático.

La acumulación de nutrientes en las pasturas, se dio en el sistema sin árboles con 2,24 Tm/ha, debido a que la planta no tiene competencia con el árbol por agua, luz y extracción de nutrientes (agua, luz) por lo tanto las pasturas crecen libremente generando un mayor rendimiento.

VI. RECOMENDACIONES

Los resultados de la presente investigación deben ser utilizadas por los gobiernos locales y nacionales con la finalidad de establecer políticas y estrategias relacionadas a la recuperación de áreas degradadas, desarrollo de una producción sostenible y a la mejora de la resiliencia al cambio climático, con la finalidad de que los productores cambien el sistema de manejo de la ganadería y puedan desarrollar actividades con mejores servicios ecosistémicos.

Continuar investigando los sistemas silvopastoriles con otras especies forestales a fin de poder conocer el potencial productivo y retención de carbono que permita incrementar las áreas con cobertura arbórea, conservando de esta manera los recursos naturales y la biodiversidad de nuestra región y el país, disminuyendo las emisiones de gases efecto invernadero que afectan al medio ambiente.

Difundir los beneficios ambientales y económicos que generan los sistemas silvopastoriles asociados a las especies como aliso, pino, ciprés y pona, a fin de que los productores tengan un mejor conocimiento sobre el manejo y producción de estos sistemas, que permita disminuir la deforestación y mejorar el sistema de manejo que vienen realizando en sus hatos ganaderos.

Realizar trabajos de investigación con un mayor tiempo de evaluación que permita conocer el incremento de carbono anualmente de cada componente que interviene en los sistemas de producción, comparando los naturales con los introducidos, así mismo evaluar el carbono de árboles muertos, raíces y suelo a una mayor profundidad para conocer el potencial total de carbono acumulado en los sistemas.

Realizar evaluación económica de los sistemas silvopastoriles a fin de poder determinar y cuantificar el aporte total que genera, comparándole con los sistemas tradicionales que vienen manejando los productores en la región Amazonas.

Con la determinación del carbono total de la pona (*Ceroxylum quindiuense*) en la presente investigación es necesario establecer incentivos o pagos por servicios ambientales para los productores con la finalidad que adopten los sistemas silvopastoriles generando

beneficios a corto y largo plazo, permitiendo de esta manera la conservación del bosque de palmeras de Ocol.

Es necesario realizar evaluación de otras especies herbáceas que puedan asociarse con los sistemas silvopastoriles con la finalidad de mejorar la relación de producción de biomasa, determinando las mejores combinaciones o mezclas forrajeras, incrementando de esta manera la captura de carbono y la producción de alimento para la alimentación animal.

Investigar los diferentes arreglos, distanciamiento y densidad de árboles para establecer los sistemas silvopastoriles, debido a que los actuales no tienen una distribución uniforme y siempre inician como sistema silvopastoril, pero a los 10 a 15 años de establecido se transforma en forestal, estableciéndose de esta manera por cada especie forestal un distanciamiento adecuado que no afecte su crecimiento y que permita el ingreso de los rayos solares a la superficie del suelo para el crecimiento de la especie herbácea.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Mireles, M., Carrillo-Anzures, F., & Díaz, M. (2008). Determinación del carbono total en bosques mixtos de *Pinus Patula* Schl. et Cham. *Terra Latinoamerica*, 27, 105–114.
- Alegre, J., Arévalo, L., & Ricse, A. (2001). Reservas de carbono según el uso de la tierra en dos sitios de la Amazonia Peruana. In *Agroforestería para la Producción Animal en América Latina - II* (p. 8). FAO y Dirección de Producción y Sanidad Animal.
- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2), 107–115. Retrieved from <http://www.animal-research.org/revista-cubana-de-ciencia-agricola/articulos/T45-N2-A2011-P107-J-Alonso.pdf>
- Anguiano, J. M., Aguirre, J., & Palma, J. M. (2013). Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de Cocos nucifera, *Leucaena leucocephala* Var. *Cunningham* y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115. *Avances de Investigación Agropecuaria*, 17(1), 149–160.
- Apráez, E., Gálvez, A., & Jojoa, C. (2014). Valoración nutricional y emisión de gases de algunos recursos forrajeros del tropico de altura. *Ciencias Agrícolas*, 31(1), 122–134. <https://doi.org/10.22267/rcia.143102.36>
- Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. ., & Robledo, C. . (2008). *Manual de usuario InfoStat*. (A. Editorial Brujas, Córdoba, Ed.), *Grupo InfoStat* (Universida, Vol. 47 (89)). Argentina. Retrieved from archivnimapy.cuzk.cz/zemvest/cisla/Rok200108-09.pdf
- Beraun, D. (2011). *Carbono almacenado en sistemas con pastura natural y pastura mejorada (B. decumbens) en el distrito de Jose Crespo y Castillo*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Retrieved from http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1318/DJBA_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Betancourt, K., Ibrahim, M., Vargas, B., & Villanueva, C. (2005). Caracterización del manejo productivo de sistemas lecheros en la cuenca del río Bulbul de Matiguás, Matagalpa, Nicaragua, *17(7)*, 1–11.
- Bezada, S., Arbaiza, T., Carcelén, F., San Martín, F., López, C., Rojas, J., ... Vélez, V. (2017). Predicción de la composición química y fibra detergente neutro de rye grass italiano (*Lolium multiflorum* Lam) mediante espectroscopía de reflectancia en infrarrojo cercano (NIRS). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 28(3), 538–548. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i3.13357>
- Bolaños, Y., Bolaños, M., Paz, F., & Ponce, J. (2016). Estimación de carbono almacenado en bosques de oyamel y ciprés en Texcoco, Estado de México. *Revista Terra Latinoamericana*, 35(1), 73. <https://doi.org/10.28940/terra.v35i1.243>
- Botero, J. (2002). Los sistemas silvopastoriles como sumideros de CO₂. *Seminario de Agroforestería*, 14. Retrieved from [http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6693/1/20061127115639_Sistemas silvopastoriles sumidero CO₂.pdf](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6693/1/20061127115639_Sistemas%20silvopastoriles%20sumidero%20CO2.pdf)
- Botero, J. (2011). Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de

- carbono. *FAO, I*, 14. Retrieved from <http://www.fao.org/3/y4435s/y4435s07.htm>
- Braun, A., Van Dijk, S., & Grulke, M. (2016). Incremento de los sistemas silvopastoriles en América del Sur. (B. I. de D. Katalin Solymosi, Ed.), *División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos Por Desastres Del Banco Interamericano de Desarrollo*, 42. Retrieved from <https://webimages.iadb.org/publications/spanish/document/Incremento-de-los-Sistemas-Silvopastoriles-en-America-del-Sur.pdf>
- Broom, D. M., Galindo, F. A., & Murgueitio, E. (2013). Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proceedings of the Royal Society*, 9. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2025>
- Buitrago-Guillen, M., Ospina-Daza, L., & Narváez-Solarte, W. (2018, June). Sistemas silvopastoriles: alternativa en la mitigación y adaptación de la producción bovina al cambio climático. *Boletín Científico*, 22(1), 31–42. <https://doi.org/10.17151/bccm.2018.22.1.2>
- Calle, Z., Murgueitio, E., & Chará, J. (2012, January). Integración de las actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje. (CIPAV, Ed.), *Unasyva* 239, 63, 31–40. Retrieved from <http://www.fao.org/3/i2890s/i2890s06.pdf>
- Callo-Concha, D., Krishnamurthy, L., & Alegre, J. (2001). Cuantificación de carbono secuestrado por algunos SAF'S y testigos, en tres pisos ecológicos de la Amazonia del Perú. In *I Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales* (Vol. 1, pp. 1–23). Chile. Retrieved from https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/53_Callo_Concha.PDF
- Candelaria-Martínez, B., Rivera-Lorca, J. A., & Flota-Bañuelos, C. (2017). Disponibilidad de biomasa y hábitos alimenticios de ovinos en un sistema silvopastoril con *Leucaena leucocephala*, *Hibiscus rosa-sinensis* y *Cynodon nlemfuensis*. *Agronomía Costarricense*, 41(1), 121–131. <https://doi.org/10.15517/rac.v41i1.29759>
- Cargua, F. E., Rodríguez, M. V., Recalde, C. G., & Vinueza, L. M. (2014). Cuantificación del contenido de carbono en una plantación de pino insigne (*Pinus radiata*) y en estrato de páramo de ozogoché bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador. *Información Tecnológica*, 25(3), 83–92. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300011>
- Carrillo, F., Acosta, M., Flores, E., Juárez, J. E., & Bonilla, E. (2014). Estimación de biomasa y carbono en dos especies arbóreas en La Sierra Nevada, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(5), 779–793. Retrieved from <https://www.redalyc.org/html/2631/263131167005/>
- Chichipe, J., & Esparra, T. (2015). *Evaluación de la influencia del uso de la tierra en el almacenamiento de carbono orgánico en suelos de la microcuenca ganadera de pomacochas, Amazonas, Perú*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Tesis Ingeniero Ambiental. Retrieved from <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/660>
- Concha, J., Alegre, J., & Pocomucha, V. (2007). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. en el Departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 6(1–2), 75–82. Retrieved

from <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v6n1-2/a09v6n1-2.pdf>

- CONCYTEC, (Concejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica). (2013). *Programa Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental-Líneas de acción prioritarias 2013 - 2016*. Lima.
- Crespo, G. (2008). Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42(4), 329–335. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015490001>
- Cronback, L. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- Devendra, C., & Ibrahim, M. (2011). Silvopastoral Systems as a Strategy for Diversification and Productivity Enhancement from Livestock in the Tropics, 20, 8–22.
- Díaz, C. (2012). *Caracterización y tipificación de sistemas productivos de leche bovina, en la zona central de Chile, mediante análisis multivariable*. Universidad Austral de Chile. Tesis de Magister. Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/egd542c/doc/egd542c.pdf>
- Dube, F., Thevathasan, N., Zagal, E., Gordon, A., Stolpe, N., & Espinosa, M. (2011). Carbon sequestration potential of silvopastoral and other land use systems in the Chilean Patagonia. *Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems: Opportunities and Challenges, Advances in Agroforestry*, 8, 101–127. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1630-8_4
- EEA, (European Environment Agency). (2018). *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2016 and inventory report 2018. The European Union (EU), as a party to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*. Copenhagen. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2018>
- El Peruano. (2018). *Ley Marco N° 30754 sobre el Cambio Climático. Emitida por el Congreso de la República del Perú*. Lima. Retrieved from <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/ley-marco-sobre-cambio-climatico-ley-n-30754-1638161-1>
- Epiquin, M., Roman, A., Chichipe, E., & Arce, M. (2018). Evaluación de carbono total en bosque de tara (*Caesalpinia spinosa* Molina Kuntze): Centro Poblado Señor de los Milagros. *Revista de Investigación Agroproducción Sustentable*, 2(3), 39–47. <https://doi.org/10.25127/aps.20183.402>
- Escobar, L. (2018). *Productividad y calidad nutritiva de pastos en sistemas silvopastoriles con diferentes arbóreas en la microcuenca de Molinopampa*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Tesis de Maestría en Producción Animal. Retrieved from <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1404>
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. Paris. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-bl001s.pdf>

- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2013). *Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera*. (H. Gerber, Pierre; Henderson, Benjamin; Makkar, Ed.), *Mitigación del Cambio Climático en la Agricultura (MICCA)* (FAO). Roma: FAO Producción y sanidad animal. Retrieved from <http://www.fao.org/3/i3288s/i3288s00.htm>
- Fernández, E. (2008). *Sistemas silvopastoriles establecidos con Pinus radiata D. Don y Betula alba L. en Galicia: productividad, biodiversidad y sumideros de carbono*. Universidad de Santiago de Compostela. Tesis de Doctorado. Retrieved from <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/2409>
- Flores, G., Díaz, N., Díaz, D., Valladares, J., Pereira-Crespo, S., Fernández-Lorenzo, B., ... Piñeiro, J. (2014). Evaluación de cultivares de raigrás italiano e híbrido como cultivo de invierno para ensilar en primavera. *Revista de Pastos*, 43(1), 20–34. Retrieved from <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/2119>
- Fluker, S., & Sánchez, V. (2016). *Captura de carbono en un sistema silvopastoril con Aliso (Alnus Acuminata), en el distrito de Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Tesis de Ingeniería Ambiental. Retrieved from <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1221>
- Frey, G. E. (2015). La medición de la eficiencia técnica de sistemas silvopastoriles en Misiones y, (January 2008).
- Frias, H. (2018). *Caracterización y propuesta de un plan marco de desarrollo de la ganadería doble propósito del distrito de Huambo – región Amazonas*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis Maestría en Ciencias Pecuarias. Retrieved from <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1323>
- Galoc, N. (2017). *Caracterización nutricional de trece variedades de pastos naturalizados de la Región Amazonas*. Repositorio UNTRM. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Retrieved from <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1303>
- Gamarra, J. (2001). Estimación del contenido de carbono en plantaciones de Eucalyptus Globulus Labill, en Junin, Perú. In *Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales-Valdivia, Chile* (pp. 1–21). Junin: UACH, Valdivia. Retrieved from https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/35_Gamarra.PDF
- Garcia, D., & Del Castillo, D. (2013). Estimación del almacenamiento de carbono y estructura en bosques con presencia de Bambú (*Guadua sarcocarpa*) de la comunidad nativa bufeo Pozo, Ucayali, Perú. *Folia Amazónica*, 22(1–2), 105–113. Retrieved from <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foviaamazonica/article/view/53>
- García, D. E., Medina, M. G., Moratinos, P., Cova, L. J., Torres, A., Santos, O., & Perdomo, D. (2009). Caracterización químico-nutricional de forrajes leguminosos y de otras familias botánicas empleando análisis descriptivo y multivariado. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 13(2), 25–39. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/837/83712256003.pdf>
- Gayoso, J., & Guerra, J. (2005). Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. *Bosque*, 26(2), 33–38. Retrieved from https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-

- Gerardo, H., Estuardo, E., & Alvarado, A. (2018). Evaluación de carbono fijado en la biomasa aérea de plantaciones de teca en Chahal, Alta Verapaz, Guatemala. *Agronomía Costarricense*, 42(1), 137–153. <https://doi.org/10.15517/rac.v42i1.32201>
- Giraldo, A., Zapata, M., & Montoya, E. (2008). Captura y flujo de carbono en un sistema silvopastoril de la zona Andina Colombia. In *Arch. Latinoamerica Producción Animal* (Vol. 16, pp. 215–220). Colombia.
- Gonzales-Ramirez, M., & Landero, R. (2006). *Estadística con SPSS y metodología de la investigación* (México: Tr). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/44495481_Estadistica_con_SPSS_y_metodologia_de_la_investigacion_Rene_Landero_Hernandez_Monica_T_Gonzalez_Ramirez
- González, J. A. (2007). Caracterización y tipificación de sistemas productivos de leche en la décima región de Chile: un análisis multivariable, 1–114. Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fag643c/doc/fag643c.pdf>
- González, J., & Santacruz, M. (2015). Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert. *Revista Publicando*, 2(2), 62–77. Retrieved from <https://rmlconsultores.com/revista/index.php/crv/article/view/22>
- Gorbitz, G. E. (2011). Determinación de las Reservas de Carbono en la Biomasa Aérea en Plantaciones de 8 años de *Calycophyllum spruceanum* b. en el Valle del Aguaytía. *UNALM*, 1–72.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación*. (Quinta Edición, Ed.) (Interameri). Mexico: McGraw Hill Educación.
- Hidalgo, P. (2011). Determinación de las reservas totales de carbono en un sistema agroforestal de la Selva Alta de Tingo María. *Aporte Santiaguino*, 4(1), 87. <https://doi.org/10.32911/as.2011.v4.n1.532>
- Hua, K., Wang, D., Guo, X., & Guo, Z. (2014). Carbon sequestration efficiency of organic amendments in a long-term experiment on a vertisol in huang-huai-hai plain, China. *PLoS ONE*, 9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108594>
- Huaman, L., Vasquez, H., & Oliva, M. (2018). Fertilizantes orgánicos en la producción de pastos nativos en Molinopampa, Amazonas-Perú. *Agroproducción Sustentable*, 2(3), 17–22. <https://doi.org/10.25127/aps.20183.399>
- Huamancayo, G., & Robles, R. (2014). Carbono almacenado en tres sistemas ganaderos en el distrito de José Crespo y Castillo, Aucayacu. In *Resumen de artículos científicos de trabajos de investigación realizados en la unidad familiar de producción sostenible en el trópico húmedo – Aucayacu* (p. 189). Tingo Maria. Retrieved from [https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/.../compendio de articulos.pdf](https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/.../compendio_de_articulos.pdf)
- Hugo, V., Vargas, V., Enrique, J., & Pico, V. (2018). Caracterización de Sistemas de Producción Agropecuarios en el proyecto de riego Guarguallá-Licto, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. *Ciencias Agrarias*, 11(ISSN 1390-4051), 45–

53. Retrieved from doi: <https://doi.org/10.18779/cyt.v11i1.198>

- Ibrahim, M.; Chácon, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Guillermo, P., Vega, P., ... Rojas, J. (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería de Las Américas*, (45), 27–36.
- Ibrahim, M., Chacon, M., Mora, J., Zamora, S., Gobbi, J., Llanderal, T., ... Ramirez, E. (2005). Opportunities for carbon sequestration and conservation of water resources on landscapes dominated by cattle production in Central America. *Henry A. Wallace/ Inter-American Scientific Conference Series*, 27–34.
- Ibrahim, M., Villanueva, C., & Casasola, F. (2007). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos en Centro América. In ALPA (Ed.), *Latinoamerica Producción Animal, XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco-Perú* (Vol. 15, p. 14). Perú: APPA.
- IIAP, (Insitute de Investigaciones de la Amazonia Peruana). (2006). *Estrategia regional de la diversidad biológica de Amazonas. Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana - BIODAMAZ* (Vol. 1). Chachapoyas.
- INTA, (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (2002). *Carbono organico y sus fracciones segun uso del suelo en un argiudol tipico del centro sur Bonaerense* (Vol. 5). Argentina.
- IPCC, (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). (2014). *Cambio climático 2014. Informe de síntesis*. Ginebra.
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESIA*, 24, 49–61. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Lapeyre, T., Alegre, J., & Arévalo, L. (2004). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martin, Perú. *Ecología Aplicada*, 3(February), 35–44. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.92.089801>
- Lok, S., Fraga, S., Noda, A., & García, M. (2013). Almacenamiento de carbono en el suelo de tres sistemas ganaderos tropicales en explotación con ganado vacuno. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47(1), 75–82.
- López-Vigoa, O., Sánchez-Santana, T., Iglesias-Gómez, M., Lamela-López, L., Soca-Pérez, M., Arece-García, J., & Milera-Rodríguez, M. (2017). Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes*, 40(2), 83–95. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n2/pyf01217.pdf>
- MAG, (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2012). *Estrategia ambiental de adaptación y mitigación al cambio climático del sector agropecuario, forestal y acuícola (El Salvador)*. El Salvador.
- Mahecha, L. (2002). El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15(2), 226–231. Retrieved from

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3242906&info=resumen&idioma=SPA>

- Maicelo, J. L. (2012). Indicadores de sustentabilidad en función del suelo y retención de carbono en la biomasa de *Ceroxylon peruvianum* Galeano, Sanín & Mejía en la cuenca media del río Utcubamba, Amazonas, Perú. *Ecología Aplicada*, 11(1), 6.
- Maicelo, J. L. (2014). *Secuestro de carbono en ecosistemas de Ceroxylon peruvianum Galeano, Sanin & Mejia y factores que influyen en su conservación en la cuenca media del rio Utcubamba, Amazonas*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis de Doctorado en Agricultura Sustentable.
- Manrique, M., & Puerta, R. (2015). Carbono almacenado en la biomasa aérea en plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) En Shambillo-Aguaytia. *Investigación y Amazonia*, 4, 8–17.
- Manríquez, L. (2010). *Establecimiento, calidad del forraje y productividad de un sistema silvopastoril intensivo bajo pastoreo de bovinos y ovinos en el trópico sub-húmedo*. Colegio de postgraduados. <https://doi.org/oai:www.biblio.colpos.mx:10521/189>
- Martel, C., & Cairampoma, L. (2012). Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en “CICRA”, Madre De Dios (Perú). *Ecología Aplicada*, 11(1–2), 59. <https://doi.org/10.21704/rea.v11i1-2.426>
- Martinez, E., Fuentes, J., & Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8, 68–96.
- Mas, J. S., Rojas, N. B., Mori, G. M., & Salas, R. (2018). Zonificación de áreas potenciales para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en la microuenca LLuchca, Chachapoyas, Amazonas. *Revista de Investigación Agroproducción Sustentable*, 2(3), 69–76. <https://doi.org/10.25127/aps.20183.406>
- Massa, E., González, G. L., & Rossi, C. A. (2016). Evaluación del pastizal natural en un sistema silvopastoril con sauce (*Salix humboldtiana*). *Pastos y Forrajes*, 39(3), 100–105. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942016000300003&nrm=iso
- Matadanas, E. (2010). Problemario de las características del suelo. In *Evaluación de las características del suelo* (pp. 1–11). Mexico. Retrieved from <https://docplayer.es/62909084-Problemario-de-las-caracteristicas-del-suelo.html>
- Mauricio, R. M., Ribeiro, R. S., Paciullo, D. S. C., Cangussú, M. A., Murgueitio, E., Chará, J., & Estrada, M. X. F. (2019). Silvopastoral Systems in Latin America for Biodiversity, Environmental, and Socioeconomic Improvements. *Agroecosystem Diversity*, 287–297. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811050-8.00018-2>
- McGroddy, M. E., Lerner, A. M., Burbano, D. V., Schneider, L. C., & Rudel, T. K. (2015). Carbon Stocks in Silvopastoral Systems: A Study from Four Communities in Southeastern Ecuador. *Biotropica*, 47(4), 407–415. <https://doi.org/10.1111/btp.12225>
- Medina, C., Perez, M., & Ruiz, J. (2008). Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de café (*Coffea arábica* L.) con sombra en la hacienda Santa Maura, Jinotega, Nicaragua. *La Calera*, 8(10), 33–39. Retrieved from <http://lcalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/99>

- MINAGRI, (Ministerio de Agricultura y Riego). (2013). *Resultados definitivos, IV Censo Nacional Agropecuario - 2012*. Lima. Retrieved from <https://www.agrorural.gob.pe/dmdocuments/resultados.pdf>
- MINAM, (Ministerio del Ambiente). (2013). El Perú crece a mayor ritmo que sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/prensa/2013/12/04/el-peru-crece-a-mayor-ritmo-que-sus-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-gei/>
- MINAM, (Ministerio del Ambiente). (2015a). *Cuantificación y análisis de La deforestación en la Amazonia Peruana en el Periodo 2010-2011-2013-2014*. Ministerio del Ambiente del Perú. Lima. <https://doi.org/10.1021/es102947t>
- MINAM, (Ministerio del Ambiente). (2015b). *Estrategia Nacional ante el Cambio Climático*. Lima. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/ENCC-FINAL-250915-web.pdf>
- MINAM, (Ministerio del Ambiente). (2016). *El Perú y el Cambio Climático - Tercera comunicación nacional del Perú*. Lima. Retrieved from <http://unfccc.int/resource/docs/natc/pernc3.pdf>
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., & Eibl, B. (2015). *Biodiversidad y conservación de bosques: funciones potenciales de los sistemas agroforestales*. (C. CIPAV, Cali, Ed.), *Actas XVI Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales*. (Feriva S.). Costa Rica: CATIE. Retrieved from <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/7124>
- Murgueitio, E., Chara, J., Solarte, A., Uribe, F., Zapata, C., & Rivera, J. (2013). Agroforestería pecuaria y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático son sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 26(October), 313–316. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/279198139%0AAgroforestería>
- Nair, P. K. R. (2012). Carbon sequestration studies in agroforestry systems: A reality-check. *Agroforestry Systems*, 86(2), 243–253. <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9434-z>
- Naranjo, J. F., Cuartas, C. A., Murgueitio, E., Chará, J., & Barahona, R. (2012). Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. *Livestock Research for Rural Development*, 24(8), 1–12. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/262183664%0ABalance>
- Neville, H., & Sidney, T. (2001). Stratified Sampling. Retrieved from Retrieved 12 July 2012.
- Noguera, M., & Vélez, J. (2011). Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo en diferentes usos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 28(1), 40–52.
- Oliva, M. (2016). *Influencia de factores socioeconómicos y ambientales sobre la adopción de tecnologías silvopastoriles por productores ganaderos, distrito de Molinopampa, Amazonas, Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis de Maestría en Innovación Agraria para el Desarrollo Rural. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1166/T007364.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Oliva, M, Collazos, R., & Esparraga, T. (2016). Impacto de las plantaciones de *Pinus patula* sobre las características físicoquímicas de los suelos en áreas altoandinas de la region Amazonas. *Revista Indes*, 2(1), 80–87. <https://doi.org/10.25127/indes.201401.00>
- Oliva, M, Collazos, R., Goñas, M., Bacalla, E., Vigo, C., Vásquez, H., ... Maicelo, J. (2016). Efecto de los sistemas de producción sobre las características físico-químicas de los suelos del distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas, Amazonas. *Revista de Investigación Indes*, 2(1), 80–87. <https://doi.org/10.25127/indes.201401.00>
- Oliva, M, Collazos, R., Vásquez, H., Rubio, K., & Maicelo, J. (2019). Composición florística de especies herbáceas forrajeras en praderas naturales de las principales microcuencas ganaderas de la region Amazonas. *Scientia Agropecuaria*, 10(1), 109–117. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.12>
- Oliva, M, Culqui, L., Leiva, S., Collazos, R., Salas, R., Vásquez, H., & Maicelo, J. (2017). Reserva de carbono en un sistema silvopastoril compuesto de *Pinus patula* y herbáceas nativas. *Scientia Agropecuaria*, 8(2), 149–157. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.02.07>
- Oliva, M, Oliva, C., Rojas, D., Oliva, M., & Morales, A. (2015). Identificación botánica de especies nativas de pastos más importantes de las cuencas lecheras de Molinopampa, Pomacochas y Leymebamba, Amazonas, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 6(2), 125–129. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.02.05>
- Oliva, M, Perez, R., Salas, R., Gamarra, O., Leiva, S., Collazos, R., & Maicelo, J. (2017). Cuantificación del área de pajonal de las microcuencas de Gocta y Chinata y su potencial como reserva de carbono. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 233–241. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.06>
- Oliva, M, Perez, R., Salas, R., Vásquez, H., & Corroto, F. (2015). Efecto del *Ceroxylon peruvianum* pona sobre los diferentes sistemas de producción en la provincia de Bongará, region Amazonas. *Revista Indes*, 1(2), 40–50.
- Oliva, M, Rojas, D., Morales, A., Oliva, C., & Oliva, M. (2015). Contenido nutricional, digestibilidad y rendimiento de biomasa de pastos nativos que predominan en las cuencas ganaderas de Molinopampa, Pomacochas y Leymebamba, Amazonas, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 6(3), 211–215. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.07>
- Oliva, M, Valqui, L., Meléndez, J., Milla, M., Leiva, S., Collazos, R., & Maicelo, J. (2018). Influencia de especies arbóreas nativas en sistemas silvopastoriles sobre el rendimiento y valor nutricional de *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens*. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 579–583. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.14>
- Ordóñez, J., & Bojórquez, C. (2004). Establecimiento del *Lolium multiflorum* con cinco densidades sobre pasturas degradadas como un alternativa a la siembra de cultivos agrícolas. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 15(2), 87–91.
- Páez-Martínez, A., Bustamante, A., Espitia, J., & Cárdenas, E. (2014). Análisis del componente suelo en sistemas silvopastoriles establecidos y sistemas tradicionales en fincas ganaderas de piedemonte casanareño. *Revista Ciencia Animal*, 8(December), 7–19.

- Parra, F., Torres, J., & Ceroni, A. (2004). Composición florística y vegetación de una microcuenca andina: El Pachachaca (Huancavelica). *Ecología Aplicada*, 3, 809–816.
- Patiño, J., Rivera, B., Patiño, M., & Vargas, J. (2017). Interpretaciones y recomendaciones sobre las prácticas profesionales desde el proyecto “Asistencia técnica para el fortalecimiento de la producción lechera en Caldas.” *Veterinaria y Zootecnia*, 11(2), 34–54. <https://doi.org/10.17151/vetzo.2017.11.2.4>
- Perez, A., Galvis, A., Bugarín, R., Marcela, T., Vásquez, A., & Rodríguez, A. (2017). Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método de la tiourea de plata (AgTU+). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2007–0934), 171–177.
- Pérez, E. (2006). *Caracterización de sistemas silvopastoriles y su contribución socioeconómica a productores ganaderos de Copán, Honduras*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Retrieved from <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1305e/A1305e.pdf>
- Petit, J. (2011). *Asociación de especies arbóreas forrajeras para mejorar la productividad y el reciclaje de nutrientes en sistemas agroforestales*. Universidad Autónoma de Yucatan. Retrieved from <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/36127>
- Pimienta, D., Domínguez, G., Aguirre, O., Hernández, F., & Jiménez, J. (2007). Estimación de biomasa y contenido de carbono de *Pinus cooperi* Blanco, en el Pueblo Nuevo, Durango. *Madera y Bosques*, 13(1), 35–46. Retrieved from http://www1.inecol.edu.mx/myb/resumenes/13.1/MB_2007_13-1_035-046.pdf
- Pizarro, D., Vásquez, H., Bernal, W., Fuentes, E., Alegre, J., Castillo, M. S., & Gómez, C. (2019). Assessment of silvopasture systems in the northern Peruvian Amazon. *Agroforestry Systems*, 9, 11. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00381-9>
- Posada, S., Angulo, J., & Restrepo, L. (2007). Validación de métodos de secado para la determinación de materia seca en especies forrajeras. *Livestock Research for Rural Development*, 19(3), 1–7.
- Quero, M. (2010). Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. *Telos*, 12(2), 248–252.
- Rios, J. (2007). Enfoques integrales de producción ganadera en la amazonía Peruana. *Latinoamerica Producción Animal*, 15(1), 234–240. Retrieved from <http://www.bioline.org.br/pdf?la07060>
- Rivera, S., Mora-Delgado, J., & Rodriguez, M. (2016). Técnicas de estadística multivariada para la tipificación de sistemas de producción pecuarios. *Tumbaga*, 1, 19.
- Rocha-Rodríguez, C., Mora-Delgado, J., & Romero-Vargas, J. C. (2016). Tipología de sistemas de producción en la zona rural del municipio de Ibagué, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 253. <https://doi.org/10.15517/am.v27i2.24360>
- Rodríguez, R., Jiménez, J., Aguirre, O., Treviño, G., & Razo, R. (2009). Estimación de carbono almacenado en el bosque de pino-encino en la reserva de la biosfera el cielo, Tamaulipas, México. *Ra Ximhai*, 5(3), 317–327.
- Rojas, J., Ibrahim, M., & Andrade, H. (2009). Secuestro de carbono y uso de agua en

- sistemas silvopastoriles con especies maderables nativas en el trópico seco de Costa Rica. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(2), 214. https://doi.org/10.21930/rcta.vol10_num2_art:144
- Rojas, M. (2014). Carbono almacenado en plantaciones forestales de *Pinus caribaea*, *Cupressus lusitanica* y *Eucalyptus deglupta* en el Proyecto Hidroeléctrico Cachí. *Revista de Ciencias Ambientales*, 0(47), 5–15. <https://doi.org/10.15359/rca.47-1.1>
- Roncallo, B., Murillo, J., Bonilla, R., & Barros, J. (2012). Evolución de las propiedades del suelo en un arreglo agrosilvopastoril basado en Ceiba (*Pachira quinata* (Jacq.) W.S. Alverson). *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(2), 167–178.
- Rossi, C. (2013). *Composición florística y caracterización nutricional de las especies forrajeras en el sistema silvopastoril del Delta del Paraná*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Roza-Delgado, B. D. La, Fernández, A. M., & Gutiérrez, A. A. (2002). Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. *Pastos*, 32(1), 91–104.
- Saucedo, J. (2018). *Arreglos silvopastoriles con aliso y su efecto sobre factores ambientales y económicos, en el distrito de Molinopampa, Amazonas*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Tesis de Maestría en Producción Animal. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18504.16641>
- Schlegel, B. (2001). *Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempreverde. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales* (Vol. 14). Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=6815787
- SENDECO, (Sistema Europeo de Negociación de CO₂). (2019). *Reporte de compra y venta de CO₂*. Retrieved from <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>
- Tukey, J. W. (1977). *Exploratory Data Analysis*.
- Useche, D., Harvey, C. A., & Declerck, F. (2011). Implicaciones sociales, económicas y ecológicas para la implementación de sistemas silvopastoriles como estrategia para la conservación de la biodiversidad en paisajes ganaderos tropicales. *Agroforestería En Las Américas*, (48), 84–93. Retrieved from <http://www.sidalc.net/repdoc/A10963e/A10963e.pdf>
- Vargas-Leitón, B., Solís-Guzmán, S., Sáenz-Segura, F., & León-Hidalgo, H. (2013). Caracterización y clasificación de hatos lecheros en Costa Rica, Mediante análisis multivarido. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2), 257–275.
- Vásquez, H. (2016). *Influencia de factores socioeconómicos en la adopción de tecnologías para el mejoramiento genético de ganado vacuno, Distrito Florida, Amazonas, Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis de Maestría en Innovación Agraria para el Desarrollo Rural. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2710/L10-V387-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vásquez, H., Maicelo, J., Collazos, R., & Oliva, M. (2016). Selección e identificación y

- distribución de malezas (adventicias), en praderas naturales de las principales microcuencas ganaderas de la región Amazonas. *Revista de Investigación Para El Desarrollo Sustentable - Biodiversidad y Medio Ambiente*, 2, 71–79. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25127/indes.20142.66>
- Vásquez, H., & Maravi, C. (2017). Efecto de fertilización orgánica (biol y compost) en el establecimiento de morera (*Morus alba* L.). *Revista de Investigación En Ciencia y Biotecnología Animal*, 1(1), 33–39. <https://doi.org/10.25127/ricba.201701.004>
- Vásquez, H., Quilcate, C., & Oliva, O. (2017). Evaluación de quince variedades de gramíneas forrajeras para el mejora- miento alimenticio del ganado bovino en la cuenca ganadera Florida. *Revista de Investigación En Ciencia y Biotecnología Animal*, 1(1), 69–75. <https://doi.org/10.25127/ricba.201701.009>
- Villacis, J. (2012). *Determinación del potencial de captura de carbono de las especies forestales de aliso (Alnus acuminata) y Eucalipto (Eucalyptus globulus) en la localidad de Florida Pomacochas - Amazonas*. Universidad de San Martín - Tarapoto. Tesis de grado en Ingeniería Ambiental. Retrieved from <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/214/6053011.pdf?sequence=1>
- Villalobos, L., & Sánchez, J. (2010). Evaluación agronómica y nutricional del pasto rye grass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 31–42. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=77940452&lang=es&site=ehost-live>
- Zagaceta, L., Vásquez, H., Vigo, C., Salas, R., & Maicelo, J. (2017). Influencia de los sistemas de producción y pisos altitudinales en la composición bioquímica y rendimiento del pasto nicarión (*Setaria sphacelata*). *Revista de Investigación Agroproducción Sustentable*, 1(2), 9–16. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25127/aps.20172.192>
- Zapata, G., Bautista, F., & Astier, M. (2009). Caracterización forrajera de un sistema silvopastoril de vegetación secundaria con base en la aptitud de suelo. *Téc Pecu Méx*, 47(3), 257–270.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico

ANÁLISIS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

ANÁLISIS DATOS pH

Factorial AOV Table for pH

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	9.5478	2.38695	3.42	0.0275
Profundid	1	0.4083	0.40833	0.59	0.4530
Sistema*Profundid	4	0.1679	0.04198	0.06	0.9927
Error	20	13.9401	0.69701		
Total	29	24.0641			

Grand Mean 4.8713

CV 17.14

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of pH for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
3	5.6050	A
1	5.2983	AB
5	4.9900	AB
2	4.3700	AB
4	4.0933	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.4820

Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 1.4424

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of pH for Profundid

Profundid	Mean	Homogeneous Groups
2	4.9880	A
1	4.7547	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3049

Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 0.6362

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of pH for Sistema*Profundid

Sistema	Profundid	Mean	Homogeneous Groups
3	2	5.8700	A
1	2	5.3733	A
3	1	5.3400	A
1	1	5.2233	A
5	2	5.0567	A
5	1	4.9233	A
2	2	4.4667	A
2	1	4.2733	A
4	2	4.1733	A
4	1	4.0133	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.6817

Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 2.4135

There are no significant pairwise differences among the means.

Descriptive Statistics of pH by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	6	5.2983	0.7317	4.3100	6.3600
2	6	4.3700	0.3234	3.7900	4.6400
3	6	5.6050	1.2634	4.3300	7.4000
4	6	4.0933	0.1981	3.8100	4.3700
5	6	4.9900	0.7924	3.9600	6.0100

Descriptive Statistics of pH by Profundid

Profundid	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	15	4.7547	0.8380	3.7900	6.7700
2	15	4.9880	0.9937	4.0000	7.4000

ANÁLISIS CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Analysis of Variance Table for CE

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	0.15185	0.03796	2.65	0.0632
Profundid	1	0.18252	0.18252	12.76	0.0019
Sistema*Profundid	4	0.02311	0.00578	0.40	0.8034
Error	20	0.28600	0.01430		
Total	29	0.64348			

Grand Mean 0.1720 CV 69.52

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of CE for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
3	0.2783	A
1	0.2150	A
5	0.1767	A
4	0.1067	A
2	0.0833	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0690
 Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 0.2066
 Error term used: Error, 20 DF
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of CE for Profundid

Profundid	Mean	Homogeneous Groups
1	0.2500	A
2	0.0940	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0437
 Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 0.0911
 Error term used: Error, 20 DF
 All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of CE for Sistema*Profundid

Sistema	Profundid	Mean	Homogeneous Groups
3	1	0.3967	A
1	1	0.3067	AB

5	1	0.2633	AB
3	2	0.1600	AB
4	1	0.1533	AB
2	1	0.1300	AB
1	2	0.1233	AB
5	2	0.0900	AB
4	2	0.0600	AB
2	2	0.0367	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0976
 Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 0.3457
 Error term used: Error, 20 DF
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of CE by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	6	0.2150	0.1245	0.0900	0.4300
2	6	0.0833	0.0543	0.0300	0.1500
3	6	0.2783	0.2466	0.0800	0.7500
4	6	0.1067	0.0579	0.0400	0.1800
5	6	0.1767	0.1253	0.0600	0.4000

Descriptive Statistics of CE by Profundid

Profundid	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	15	0.2500	0.1678	0.1000	0.7500
2	15	0.0940	0.0692	0.0300	0.3000

ANÁLISIS DATOS CARBONO ORGÁNICO

Factorial AOV Table for CO

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	12.706	3.177	1.15	0.3622
Profundid	1	254.159	254.159	91.98	0.0000
Sistema*Profundid	4	3.756	0.939	0.34	0.8478
Error	20	55.261	2.763		
Total	29	325.883			

Grand Mean 4.8513
 CV 34.26

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of CO for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
2	5.7933	A
5	5.3183	A
4	4.7033	A
3	4.5333	A
1	3.9083	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.9597
 Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 2.8719
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of CO for Profundid

Profundid	Mean	Homogeneous Groups
1	7.7620	A
2	1.9407	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.6070
 Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 1.2667
 All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of CO for Sistema*Profundid

Sistema	Profundid	Mean	Homogeneous Groups
2	1	9.3200	A
5	1	8.1000	A
4	1	7.6833	A
3	1	7.3533	A
1	1	6.3533	AB
5	2	2.5367	BC
2	2	2.2667	BC
4	2	1.7233	BC
3	2	1.7133	BC
1	2	1.4633	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.3572
 Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 4.8053
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of CO by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	6	3.9083	3.0353	0.9500	8.8800
2	6	5.7933	4.4242	0.8400	12.640
3	6	4.5333	3.3258	0.8300	9.2000
4	6	4.7033	3.5468	1.3600	10.080
5	6	5.3183	3.1950	1.8400	9.2200

Descriptive Statistics of CO by Profundid

Profundid	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	15	7.7620	2.0732	4.8000	12.640
2	15	1.9407	0.9082	0.8300	4.1600

ANÁLISIS DATOS MATERIA ORGÁNICA

Factorial AOV Table for MO

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	37.690	9.422	1.15	0.3631
Profundid	1	755.711	755.711	92.04	0.0000
Sistema*Profundid	4	11.156	2.789	0.34	0.8479
Error	20	164.209	8.210		
Total	29	968.766			

Grand Mean 8.3630
 CV 34.26

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of MO for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
2	9.9850	A
5	9.1667	A
4	8.1117	A
3	7.8133	A
1	6.7383	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.6543
 Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 4.9506
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of MO for Profundid

Profundid	Mean	Homogeneous Groups
1	13.382	A
2	3.344	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.0463
 Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 2.1836
 All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of MO for Sistema*Profundid

Sistema	Profundid	Mean	Homogeneous Groups
2	1	16.067	A
5	1	13.963	A
4	1	13.250	A
3	1	12.673	A
1	1	10.957	AB
5	2	4.370	BC
2	2	3.903	BC
4	2	2.973	BC
3	2	2.953	BC
1	2	2.520	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.3396
 Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 8.2834
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of MO by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	6	6.7383	5.2349	1.6400	15.310
2	6	9.9850	7.6291	1.4400	21.790
3	6	7.8133	5.7329	1.4300	15.860
4	6	8.1117	6.1149	2.3500	17.380
5	6	9.1667	5.5091	3.1700	15.900

Descriptive Statistics of MO by Profundid

Profundid	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	15	13.382	3.5733	8.2800	21.790
2	15	3.3440	1.5652	1.4300	7.1700

ANÁLISIS DATOS FOSFORO

Factorial AOV Table for P

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	619.11	154.778	2.25	0.0994
Profundid	1	13.16	13.161	0.19	0.6662
Sistema*Profundid	4	38.10	9.525	0.14	0.9659
Error	20	1373.18	68.659		
Total	29	2043.55			

Grand Mean 7.1863

CV 115.30

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of P for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
1	12.683	A
3	12.642	A
5	4.990	A
2	2.967	A
4	2.650	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 4.7840

Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 14.316

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of P for Profundid

Profundid	Mean	Homogeneous Groups
1	7.8487	A
2	6.5240	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 3.0256

Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 6.3144

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of P for Sistema*Profundid

Sistema	Profundid	Mean	Homogeneous Groups
3	1	15.350	A
1	2	13.133	A
1	1	12.233	A
3	2	9.933	A
5	1	5.960	A
5	2	4.020	A
2	2	3.100	A
4	1	2.867	A
2	1	2.833	A
4	2	2.433	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 6.7655

Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 23.954

There are no significant pairwise differences among the means.

Descriptive Statistics of P by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	6	12.683	13.540	1.9000	33.400
2	6	2.9667	1.0250	2.0000	4.6000
3	6	12.642	9.3749	1.1500	25.200

4	6	2.6500	1.6380	1.4000	5.3000
5	6	4.9900	3.1527	2.0000	9.4800

Descriptive Statistics of P by Profundid

Profundid	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	15	7.8487	8.6087	1.1500	26.300
2	15	6.5240	8.4212	1.4000	33.400

ANÁLISIS DATOS POTASIO

Factorial AOV Table for K

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	208905	52226.2	4.68	0.0079
Profundid	1	83003	83002.8	7.44	0.0130
Sistema*Profundid	4	7225	1806.2	0.16	0.9552
Error	20	223087	11154.4		
Total	29	522220			

Grand Mean 241.08

CV 43.81

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of K for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
3	382.33	A
1	254.50	AB
4	227.33	AB
5	218.42	AB
2	122.83	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 60.976

Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 182.47

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of K for Profundid

Profundid	Mean	Homogeneous Groups
1	293.68	A
2	188.48	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 38.565

Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 80.484

All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of K for Sistema*Profundid

Sistema	Profundid	Mean	Homogeneous Groups
3	1	453.67	A
3	2	311.00	AB
4	1	294.00	AB
1	1	282.67	AB
5	1	263.42	AB
1	2	226.33	AB
2	1	174.67	AB
5	2	173.42	AB
4	2	160.67	AB

2 2 71.00 B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 86.234
 Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 305.31
 There are 2 groups (A and B) in which the means
 are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of K by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	6	254.50	127.98	124.00	461.00
2	6	122.83	91.276	59.000	302.00
3	6	382.33	150.88	217.00	613.00
4	6	227.33	103.63	137.00	424.00
5	6	218.42	66.696	162.50	341.50

Descriptive Statistics of K by Profundid

Profundid	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	15	293.68	143.82	89.000	613.00
2	15	188.48	103.39	59.000	434.00

ANÁLISIS DATOS CAPACIDAD INTERCAMBIO CATIONICO

Factorial AOV Table for CIC

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	107.31	26.828	0.49	0.7450
Profundid	1	468.23	468.233	8.50	0.0085
Sistema*Profundid	4	90.82	22.706	0.41	0.7976
Error	20	1101.23	55.062		
Total	29	1767.60			

Grand Mean 33.012
 CV 22.48

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of CIC for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
5	35.727	A
3	34.400	A
1	32.933	A
4	31.493	A
2	30.507	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 4.2841
 Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 12.820
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of CIC for Profundid

Profundid	Mean	Homogeneous Groups
1	36.963	A
2	29.061	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.7095
 Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 5.6547
 All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of CIC for Sistema*Profundid

Sistema	Profundid	Mean	Homogeneous Groups
5	1	38.840	A
2	1	37.867	A
3	1	37.333	A
1	1	35.573	A
4	1	35.200	A
5	2	32.613	A
3	2	31.467	A
1	2	30.293	A
4	2	27.787	A
2	2	23.147	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 6.0587
 Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 21.451
 There are no significant pairwise differences among the means.

Descriptive Statistics of CIC by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	6	32.933	4.5021	26.400	40.000
2	6	30.507	11.856	19.520	52.800
3	6	34.400	9.9561	20.800	45.760
4	6	31.493	6.4283	19.680	36.800
5	6	35.727	5.5471	29.520	44.000

Descriptive Statistics of CIC by Profundid

Profundid	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	15	36.963	7.2604	24.000	52.800
2	15	29.061	6.3323	19.520	37.880

ANÁLISIS DATOS POROSIDAD

Factorial AOV Table for Porosidad

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	82.98	20.74	0.57	0.6893
Profundid	1	1136.40	1136.40	31.07	0.0000
Sistema*Profundid	4	105.36	26.34	0.72	0.5881
Error	20	731.40	36.57		
Total	29	2056.14			

Grand Mean 63.359
 CV 9.54

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Porosidad for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
5	65.948	A
4	64.403	A
1	63.070	A
3	62.113	A
2	61.262	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 3.4914
 Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 10.448

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Porosidad for Profundid

Profundid	Mean	Homogeneous Groups
1	69.514	A
2	57.205	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.2082
 Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 4.6084
 All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Porosidad for Sistema*Profundid

Sistema	Profundid	Mean	Homogeneous Groups
3	1	70.143	A
5	1	70.010	AB
2	1	69.990	AB
4	1	69.017	AB
1	1	68.410	AB
5	2	61.887	AB
4	2	59.790	AB
1	2	57.730	AB
3	2	54.083	AB
2	2	52.533	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 4.9376
 Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 17.482
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of Porosidad by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	6	63.070	7.1154	55.520	73.950
2	6	61.262	10.629	44.950	73.530
3	6	62.113	10.741	45.930	74.110
4	6	64.403	8.5283	50.350	71.740
5	6	65.948	6.5518	56.320	73.040

Descriptive Statistics of Porosidad by Profundid

Profundid	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	15	69.514	3.9481	61.860	74.110
2	15	57.205	7.0787	44.950	71.120

ANALISIS RESISTENCIA MECÁNICA

Factorial AOV Table for Resistenc

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	13.4397	3.35992	5.36	0.0042
Profundid	1	0.7177	0.71765	1.15	0.2973
Sistema*Profundid	4	3.1578	0.78946	1.26	0.3184
Error	20	12.5309	0.62654		
Total	29	29.8461			

Grand Mean 1.7667 CV 44.80

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Resistenc for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
3	2.6233	A
1	2.4567	AB
2	1.5983	ABC
5	1.2383	BC
4	0.9167	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.4570
 Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 1.3676
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Resistenc for Profundid

Profundid	Mean	Homogeneous Groups
2	1.9213	A
1	1.6120	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.2890
 Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 0.6032
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Resistenc for Sistema*Profundid

Sistema	Profundid	Mean	Homogeneous Groups
3	2	3.1933	A
1	1	2.7200	AB
1	2	2.1933	AB
2	2	2.0567	AB
3	1	2.0533	AB
5	2	1.3867	AB
2	1	1.1400	AB
5	1	1.0900	AB
4	1	1.0567	AB
4	2	0.7767	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.6463
 Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 2.2882
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of Resistenc by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	6	2.4567	1.1555	0.9200	4.0800
2	6	1.5983	0.8408	0.6700	3.0000
3	6	2.6233	0.9845	1.5800	4.0800
4	6	0.9167	0.4126	0.5000	1.6700
5	6	1.2383	0.3158	0.9200	1.8100

Descriptive Statistics of Resistenc by Profundid

Profundid	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	15	1.6120	0.8146	0.6700	3.2500
2	15	1.9213	1.1904	0.5000	4.0800

Analysis of Variance Table for Resistenc

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	20.2213	5.05532	7.39	0.0003
Profundid	2	1.0214	0.51070	0.75	0.4827
Sistema*Profundid	8	5.8345	0.72932	1.07	0.4122
Error	30	20.5278	0.68426		
Total	44	47.6050			

Grand Mean 1.7696 CV 46.75

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Resistenc for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
3	2.6278	A
1	2.4611	A
2	1.5989	AB
5	1.2411	B
4	0.9189	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3899
 Critical Q Value 4.102 Critical Value for Comparison 1.1310
 Error term used: Error, 30 DF
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Resistenc for Profundid

Profundid	Mean	Homogeneous Groups
3	1.9273	A
2	1.8147	A
1	1.5667	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3021
 Critical Q Value 3.487 Critical Value for Comparison 0.7448
 Error term used: Error, 30 DF
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Resistenc for Sistema*Profundid

Sistema	Profundid	Mean	Homogeneous Groups
3	3	3.0033	A
3	2	2.8367	A
1	2	2.7533	A
1	1	2.6267	A
2	3	2.4600	A
3	1	2.0433	A
1	3	2.0033	A
2	2	1.4200	A
5	3	1.3767	A
5	2	1.3133	A
4	1	1.2133	A
5	1	1.0333	A
2	1	0.9167	A
4	3	0.7933	A
4	2	0.7500	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.6754
 Critical Q Value 5.210 Critical Value for Comparison 2.4881
 Error term used: Error, 30 DF

There are no significant pairwise differences among the means.

Descriptive Statistics of Resistenc by Profundid

Profundid	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	15	1.5667	0.7704	0.5000	2.8800
2	15	1.8147	1.1701	0.5000	4.2500
3	15	1.9273	1.1682	0.5000	3.8800

Descriptive Statistics of Resistenc by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	9	2.4611	1.1888	0.8800	4.2500
2	9	1.5989	0.9739	0.5000	3.7500
3	9	2.6278	0.8666	1.6300	3.8800
4	9	0.9189	0.4431	0.5000	1.8800
5	9	1.2411	0.3376	0.8100	1.8800

Factorial AOV Table for Resistenc

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	40.366	10.0915	11.72	0.0000
Profundid	5	2.537	0.5073	0.59	0.7083
Sistema*Profundid	20	17.065	0.8532	0.99	0.4858
Error	60	51.677	0.8613		
Total	89	111.644			

Grand Mean 1.7677
CV 52.50

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Resistenc for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
3	2.6250	A
1	2.4583	AB
2	1.5972	BC
5	1.2411	C
4	0.9167	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3094
Critical Q Value 3.978 Critical Value for Comparison 0.8701
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Resistenc for Profundid

Profundid	Mean	Homogeneous Groups
5	1.9587	A
4	1.9167	A
6	1.8920	A
3	1.7087	A
2	1.6333	A
1	1.4967	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3389
Critical Q Value 4.163 Critical Value for Comparison 0.9976
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Resistenc for Sistema*Profundid

Sistema	Profundid	Mean	Homogeneous Groups
3	4	3.5833	A
3	5	3.0833	A
1	3	2.9167	A
3	6	2.9167	A
1	1	2.6667	A
2	6	2.6667	A
1	2	2.5833	A
1	4	2.5833	A
3	2	2.5000	A
2	5	2.2500	A
1	5	2.1667	A
3	3	2.0833	A
1	6	1.8333	A
2	3	1.5833	A
3	1	1.5833	A
4	1	1.4167	A
5	4	1.4167	A
5	5	1.3767	A
5	6	1.3767	A
2	4	1.2500	A
5	3	1.2100	A
5	2	1.0833	A
4	2	1.0000	A
2	2	1.0000	A
5	1	0.9833	A
4	5	0.9167	A
2	1	0.8333	A
4	3	0.7500	A
4	4	0.7500	A
4	6	0.6667	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.7578
Critical Q Value 5.556 Critical Value for Comparison 2.9772
There are no significant pairwise differences among the means.

ANALISIS DE CRECIMIENTO DE PASTURAS

DATOS ALTURA – 30 DÍAS

Factorial AOV Table for Crecimien

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	2071.16	517.79	19.49	0.0000
Época	1	2239.49	2239.49	84.30	0.0000
Sistema*Época	4	311.08	77.77	2.93	0.0467
Error	20	531.29	26.56		
Total	29	5153.01			

Grand Mean 20.987

CV 24.56

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Crecimien for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
1	36.233	A
5	22.883	B
2	17.917	BC
3	14.533	BC
4	13.367	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.9757

Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 8.9049

There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Crecimien for Época

Época	Mean	Homogeneous Groups
1	29.627	A
2	12.347	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.8820

Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 3.9277

All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Crecimien for Sistema*Época

Sistema	Época	Mean	Homogeneous Groups
1	1	51.133	A
5	1	31.233	B
2	1	25.233	BC
1	2	21.333	BCD
3	1	20.733	BCD
4	1	19.800	BCD
5	2	14.533	CD
2	2	10.600	CD
3	2	8.333	D
4	2	6.933	D

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 4.2083

Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 14.900

There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

ANALISIS DATOS ALTURA – 45 DÍAS

Factorial AOV Table for Crecimien

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	3723.3	930.83	12.05	0.0000
Época	1	4788.0	4788.03	61.96	0.0000
Sistema*Época	4	958.2	239.55	3.10	0.0388
Error	20	1545.5	77.28		
Total	29	11015.1			

Grand Mean 30.573
CV 28.75

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Crecimien for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
1	51.483	A
5	31.033	B
3	26.300	B
2	25.083	B
4	18.967	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 5.0753
Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 15.188
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Crecimien for Época

Época	Mean	Homogeneous Groups
1	43.207	A
2	17.940	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 3.2099
Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 6.6990
All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Crecimien for Sistema*Época

Sistema	Época	Mean	Homogeneous Groups
1	1	74.933	A
5	1	42.167	B
2	1	37.367	BC
3	1	34.700	BCD
1	2	28.033	BCD
4	1	26.867	BCD
5	2	19.900	BCD
3	2	17.900	BCD
2	2	12.800	CD
4	2	11.067	D

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 7.1776
Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 25.413
There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

ANALISIS DATOS ALTURA – 60 DÍAS

Factorial AOV Table for Crecimien

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	5601.8	1400.45	14.95	0.0000
Época	1	6732.0	6732.01	71.86	0.0000
Sistema*Época	4	1008.4	252.11	2.69	0.0607
Error	20	1873.7	93.68		
Total	29	15215.9			

Grand Mean 39.767

CV 24.34

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Crecimien for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
1	63.500	A
5	43.317	B
2	38.567	BC
3	29.567	BC
4	23.883	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 5.5882

Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 16.723

There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Crecimien for Época

Época	Mean	Homogeneous Groups
1	54.747	A
2	24.787	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 3.5343

Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 7.3760

All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Crecimien for Sistema*Época

Sistema	Época	Mean	Homogeneous Groups
1	1	89.533	A
5	1	58.500	B
2	1	50.800	BC
3	1	39.267	BCD
1	2	37.467	BCD
4	1	35.633	BCD
5	2	28.133	CD
2	2	26.333	CD
3	2	19.867	D
4	2	12.133	D

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 7.9029

Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 27.981

There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

ANALISIS DEL FORRAJE VERDE DE LAS PASTURAS

ANALISIS A LOS 30 DÍAS

Factorial AOV Table for Peso

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	0.41969	0.10492	15.93	0.0000
Época	1	0.01840	0.01840	2.79	0.1101
Sistema*Época	4	0.07982	0.01996	3.03	0.0418
Error	20	0.13169	0.00658		
Total	29	0.64960			

Grand Mean 0.3141

CV 25.83

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
1	0.4713	A
5	0.4383	A
2	0.2527	B
4	0.2342	B
3	0.1740	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0468

Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 0.1402

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso for Época

Época	Mean	Homogeneous Groups
2	0.3389	A
1	0.2893	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0296

Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 0.0618

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso for Sistema*Época

Sistema	Época	Mean	Homogeneous Groups
1	2	0.4733	A
1	1	0.4693	A
5	2	0.4517	AB
5	1	0.4250	AB
2	2	0.3557	ABC
4	2	0.2897	ABC
3	1	0.2240	BC
4	1	0.1787	C
2	1	0.1497	C
3	2	0.1240	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0663

Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 0.2346

There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

ANALISIS A LOS 45 DÍAS

Factorial AOV Table for Peso

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	0.64427	0.16107	4.18	0.0127
Época	1	0.07028	0.07028	1.83	0.1917
Sistema*Época	4	0.09589	0.02397	0.62	0.6516
Error	20	0.76988	0.03849		
Total	29	1.58032			

Grand Mean 0.4839
CV 40.54

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
1	0.6697	A
5	0.6287	AB
2	0.4750	AB
4	0.3322	AB
3	0.3142	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.1133
Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 0.3390
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso for Época

Época	Mean	Homogeneous Groups
1	0.5323	A
2	0.4355	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0716
Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 0.1495
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso for Sistema*Época

Sistema	Época	Mean	Homogeneous Groups
1	1	0.6933	A
5	1	0.6880	A
1	2	0.6460	A
5	2	0.5693	A
2	1	0.5143	A
3	1	0.4603	A
2	2	0.4357	A
4	2	0.3587	A
4	1	0.3057	A
3	2	0.1680	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.1602
Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 0.5672
There are no significant pairwise differences among the means.

ANALISIS A LOS 60 DÍAS

Factorial AOV Table for Peso

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	2.45861	0.61465	3.98	0.0156
Epoca	1	0.21319	0.21319	1.38	0.2540
Sistema*Epoca	4	0.12292	0.03073	0.20	0.9360
Error	20	3.09133	0.15457		
Total	29	5.88606			

Grand Mean 0.8020 CV 49.02

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias60 for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
1	1.1848	A
5	1.0042	AB
3	0.8643	AB
4	0.5447	AB
2	0.4118	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.2270

Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 0.6793

Error term used: Error, 20 DF

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias60 for Epoca

Epoca	Mean	Homogeneous Groups
1	0.8863	A
2	0.7177	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.1436

Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 0.2996

Error term used: Error, 20 DF

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias60 for Sistema*Epoca

Sistema	Epoca	Mean	Homogeneous Groups
1	1	1.2000	A
1	2	1.1697	A
5	1	1.0623	A
3	1	0.9950	A
5	2	0.9460	A
3	2	0.7337	A
2	1	0.5970	A
4	1	0.5770	A
4	2	0.5123	A
2	2	0.2267	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3210

Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 1.1365

Error term used: Error, 20 DF

There are no significant pairwise differences among the means.

ANALISIS A LOS 75 DÍAS

Factorial AOV Table for Peso

Analysis of Variance Table for Dias75

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	3.51231	0.87808	12.27	0.0000
Epoca	1	1.08642	1.08642	15.18	0.0009
Sistema*Epoca	4	0.21969	0.05492	0.77	0.5590
Error	20	1.43148	0.07157		
Total	29	6.24990			

Grand Mean 1.0103 CV 26.48

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias75 for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
1	1.4132	A
5	1.3875	A
3	0.9723	AB
4	0.6840	B
2	0.5945	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.1545
 Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 0.4622
 Error term used: Error, 20 DF
 There are 2 groups (A and B) in which the means
 are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias75 for Epoca

Epoca	Mean	Homogeneous Groups
1	1.2006	A
2	0.8200	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0977
 Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 0.2039
 Error term used: Error, 20 DF
 All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias75 for Sistema*Epoca

Sistema	Epoca	Mean	Homogeneous Groups
5	1	1.6797	A
1	1	1.5387	AB
1	2	1.2877	ABC
3	1	1.2093	ABC
5	2	1.0953	ABCD
2	1	0.8333	BCD
4	1	0.7420	CD
3	2	0.7353	CD
4	2	0.6260	CD
2	2	0.3557	D

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.2184
 Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 0.7734
 Error term used: Error, 20 DF
 There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means
 are not significantly different from one another.

ANALISIS DE DATOS MATERIA SECA

ANALISIS A LOS 30 DÍAS

Factorial AOV Table for MatSeca

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	0.01505	0.00376	12.34	0.0000
Época	1	0.00217	0.00217	7.11	0.0148
Sistema*Época	4	0.00583	0.00146	4.78	0.0072
Error	20	0.00610	0.00030		
Total	29	0.02914			

Grand Mean 0.0622

CV 28.09

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of MatSeca for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
5	0.0902	A
1	0.0863	A
2	0.0512	B
4	0.0508	B
3	0.0323	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0101

Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 0.0302

Error term used: Error, 20 DF

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias30 for Época

Época	Mean	Homogeneous Groups
2	0.0707	A
1	0.0537	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 6.376E-03

Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 0.0133

Error term used: Error, 20 DF

All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias30 for Sistema*Época

Sistema Época	Mean	Homogeneous Groups
5 2	0.1060	A
1 1	0.0957	A
1 2	0.0770	AB
4 2	0.0757	ABC
5 1	0.0743	ABC
2 2	0.0693	ABC
3 1	0.0393	BC
2 1	0.0330	BC
4 1	0.0260	C
3 2	0.0253	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0143

Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 0.0505

Error term used: Error, 20 DF

There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

ANALISIS A LOS 45 DÍAS

Factorial AOV Table for MatSeca

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	0.02813	0.00703	4.39	0.0104
Época	1	0.00063	0.00063	0.40	0.5362
Sistema*Época	4	0.01010	0.00253	1.58	0.2192
Error	20	0.03205	0.00160		
Total	29	0.07092			

Grand Mean 0.1049

CV 38.17

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of MatSeca for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
5	0.1518	A
1	0.1232	AB
2	0.0987	AB
4	0.0888	AB
3	0.0618	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0231

Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 0.0692

Error term used: Error, 20 DF

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias45 for Época

Época	Mean	Homogeneous Groups
2	0.1095	A
1	0.1003	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0146

Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 0.0305

Error term used: Error, 20 DF

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias45 for Sistema*Época

Sistema Época	Mean	Homogeneous Groups
5 2	0.1697	A
5 1	0.1340	AB
1 1	0.1280	AB
4 2	0.1207	AB
1 2	0.1183	AB
2 1	0.0997	AB
2 2	0.0977	AB
3 1	0.0827	AB
4 1	0.0570	AB
3 2	0.0410	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0327

Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 0.1157

Error term used: Error, 20 DF

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

ANALISIS A LOS 75 DÍAS

Analysis of Variance Table for Dias75

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	0.13434	0.03359	8.80	0.0003
Epoca	1	0.00094	0.00094	0.25	0.6250
Sistema*Epoca	4	0.02106	0.00526	1.38	0.2766
Error	20	0.07634	0.00382		
Total	29	0.23268			

Grand Mean 0.1883 CV 32.82

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias75 for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
1	0.2650	A
5	0.2525	AB
3	0.1908	ABC
4	0.1487	BC
2	0.0843	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0357
 Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 0.1067
 Error term used: Error, 20 DF
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias75 for Epoca

Epoca	Mean	Homogeneous Groups
1	0.1939	A
2	0.1827	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0226
 Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 0.0471
 Error term used: Error, 20 DF
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dias75 for Sistema*Epoca

Sistema	Epoca	Mean	Homogeneous Groups
1	1	0.2940	A
5	2	0.2643	AB
5	1	0.2407	ABC
1	2	0.2360	ABC
3	1	0.2257	ABC
4	2	0.1850	ABC
3	2	0.1560	ABC
4	1	0.1123	BC
2	1	0.0967	BC
2	2	0.0720	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0504
 Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 0.1786
 Error term used: Error, 20 DF
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

**ANALISIS DE DATOS DE LA COMPOSICION NUTRICIONAL Y DIGESTIBILIDAD DE
PASTURAS**

ANALISIS PROTEINA

Factorial AOV Table for Proteina

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	66.156	16.5389	2.23	0.1021
Época	1	3.668	3.6680	0.49	0.4899
Sistema*Época	4	14.153	3.5383	0.48	0.7520
Error	20	148.272	7.4136		
Total	29	232.248			

Grand Mean 14.204

CV 19.17

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Proteina for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
1	16.057	A
3	15.497	A
2	13.840	A
5	13.792	A
4	11.833	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.5720

Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 4.7043

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Proteina for Época

Época	Mean	Homogeneous Groups
2	14.553	A
1	13.854	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.9942

Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 2.0749

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Proteina for Sistema*Época

Sistema	Época	Mean	Homogeneous Groups
1	2	16.697	A
3	2	16.173	A
1	1	15.417	A
3	1	14.820	A
2	1	14.670	A
5	2	13.867	A
5	1	13.717	A
4	2	13.020	A
2	2	13.010	A
4	1	10.647	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.2231

Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 7.8712

There are no significant pairwise differences among the means.

Descriptive Statistics of P by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Variance	Minimum	Maximum
1	6	16.057	1.6856	2.8412	13.510	18.480
2	6	13.840	2.1462	4.6062	11.020	16.970
3	6	15.497	4.4375	19.691	8.9300	20.840
4	6	11.833	2.0615	4.2497	9.0200	14.410
5	6	13.792	1.3529	1.8305	11.890	15.620

Descriptive Statistics of P by Época

Época	N	Mean	SD	Variance	Minimum	Maximum
1	15	13.854	2.9757	8.8546	8.9300	18.940
2	15	14.553	2.7336	7.4725	10.680	20.840

ANALISIS FIBRA CRUDA

Factorial AOV Table for FibraCrud

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	1.668	0.4171	0.13	0.9704
Época	1	63.220	63.2201	19.42	0.0003
Sistema*Época	4	22.228	5.5569	1.71	0.1880
Error	20	65.112	3.2556		
Total	29	152.228			

Grand Mean 26.370
CV 6.84

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of FibraCrud for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
4	26.710	A
2	26.513	A
3	26.375	A
1	26.235	A
5	26.018	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.0417
Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 3.1174
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of FibraCrud for Época

Época	Mean	Homogeneous Groups
2	27.822	A
1	24.919	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.6588
Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 1.3750
All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of FibraCrud for Sistema*Época

Sistema	Época	Mean	Homogeneous Groups
3	2	29.273	A
2	2	28.113	AB
1	2	27.803	AB
4	2	27.070	AB

5	2	26.850	AB
4	1	26.350	AB
5	1	25.187	AB
2	1	24.913	AB
1	1	24.667	AB
3	1	23.477	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.4732
 Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 5.2160
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of FC by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Variance	Minimum	Maximum
1	6	26.235	2.9024	8.4241	24.190	31.880
2	6	26.513	2.1634	4.6801	24.730	29.740
3	6	26.375	3.5518	12.615	22.780	31.480
4	6	26.710	1.4646	2.1450	25.000	28.870
5	6	26.018	1.4992	2.2476	24.840	28.480

Descriptive Statistics of FC by Época

Época	N	Mean	SD	Variance	Minimum	Maximum
1	15	24.919	1.1401	1.2998	22.780	27.320
2	15	27.822	2.2490	5.0579	24.830	31.880

ANALISIS DATOS FIBRA DETERGENTE NEUTRA

Factorial AOV Table for FDN

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	456.76	114.191	6.68	0.0014
Época	1	317.72	317.721	18.58	0.0003
Sistema*Época	4	34.67	8.666	0.51	0.7312
Error	20	341.96	17.098		
Total	29	1151.11			

Grand Mean 53.798
 CV 7.69

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of FDN for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
4	59.333	A
5	55.713	AB
3	54.980	ABC
2	50.735	BC
1	48.227	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.3873
 Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 7.1441
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of FDN for Época

Época	Mean	Homogeneous Groups
2	57.052	A
1	50.543	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.5099
 Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 3.1511
 All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of FDN for Sistema*Época

Sistema	Época	Mean	Homogeneous Groups
4	2	62.903	A
5	2	60.833	AB
3	2	58.143	ABC
4	1	55.763	ABCD
2	2	52.990	ABCD
3	1	51.817	ABCD
5	1	50.593	BCD
1	2	50.390	BCD
2	1	48.480	CD
1	1	46.063	D

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 3.3762
 Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 11.954
 There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of FDN by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Variance	Minimum	Maximum
1	6	48.227	5.3227	28.331	42.280	53.180
2	6	50.735	4.1550	17.264	45.510	55.690
3	6	54.980	5.6628	32.067	49.950	63.530
4	6	59.333	5.1186	26.200	50.850	65.080
5	6	55.713	5.9167	35.007	47.750	62.590

Descriptive Statistics of FDN by Época

Época	N	Mean	SD	Variance	Minimum	Maximum
1	15	50.543	4.7049	22.136	42.280	59.570
2	15	57.052	6.1149	37.391	45.390	65.080

ANALISIS EXTRACTO ETÉREO

Factorial AOV Table for EE

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	0.4152	0.1038	0.64	0.6383
Época	1	10.9687	10.9687	67.92	0.0000
Sistema*Época	4	0.8432	0.2108	1.31	0.3018
Error	20	3.2299	0.1615		
Total	29	15.4570			

Grand Mean 2.5073
 CV 16.03

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of EE for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
3	2.6533	A
2	2.5783	A
5	2.5650	A
1	2.4000	A
4	2.3400	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.2320
 Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 0.6943
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of EE for Época

Época	Mean	Homogeneous Groups
1	3.1120	A
2	1.9027	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.1467
 Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 0.3062
 All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of EE for Sistema*Época

Sistema	Época	Mean	Homogeneous Groups
3	1	3.2633	A
4	1	3.2367	A
5	1	3.1800	AB
2	1	2.9667	ABC
1	1	2.9133	ABC
2	2	2.1900	ABCD
3	2	2.0433	BCD
5	2	1.9500	CD
1	2	1.8867	CD
4	2	1.4433	D

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3281
 Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 1.1617
 There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of EE by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Variance	Minimum	Maximum
1	6	2.4000	0.5704	0.3254	1.8300	3.0100
2	6	2.5783	0.5911	0.3494	2.0100	3.6500
3	6	2.6533	0.8018	0.6429	1.8400	3.8900
4	6	2.3400	1.0787	1.1636	1.0900	3.8700
5	6	2.5650	0.7261	0.5272	1.8000	3.6200

Descriptive Statistics of EE by Época

Época	N	Mean	SD	Variance	Minimum	Maximum
1	15	3.1120	0.4707	0.2215	2.4700	3.8900
2	15	1.9027	0.3147	0.0990	1.0900	2.4300

ANALISIS CENIZAS

Factorial AOV Table for Cenizas

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	14.6167	3.65417	3.33	0.0305
Época	1	0.5993	0.59925	0.55	0.4687
Sistema*Época	4	5.0257	1.25643	1.14	0.3648
Error	20	21.9711	1.09855		
Total	29	42.2127			

Grand Mean 8.3260

CV 12.59

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Cenizas for Sistema

Sistema Mean Homogeneous Groups

2	9.6367	A
5	8.4300	AB
3	8.0183	AB
4	7.7783	B
1	7.7667	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.6051

Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 1.8109

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Cenizas for Época

Época Mean Homogeneous Groups

2	8.4673	A
1	8.1847	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3827

Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 0.7987

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Cenizas for Sistema*Época

Sistema Época Mean Homogeneous Groups

2	1	9.9667	A
2	2	9.3067	AB
5	2	8.6300	AB
1	2	8.6167	AB
5	1	8.2300	AB
3	1	8.2067	AB
4	2	7.9533	AB
3	2	7.8300	AB
4	1	7.6033	AB
1	1	6.9167	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.8558

Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 3.0300

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of Cenizas by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Variance	Minimum	Maximum
1	6	7.7667	1.1213	1.2574	6.1900	9.2800
2	6	9.6367	0.7058	0.4982	8.5200	10.600

3	6	8.0183	1.7968	3.2285	5.4100	9.8900
4	6	7.7783	0.6587	0.4339	6.8900	8.6500
5	6	8.4300	0.3181	0.1012	8.1300	8.9700

Descriptive Statistics of Cenizas by Época

Época	N	Mean	SD	Variance	Minimum	Maximum
1	15	8.1847	1.3162	1.7323	6.1900	10.600
2	15	8.4673	1.1136	1.2401	5.4100	10.070

ANALISIS DIGESTIBILIDAD

Factorial AOV Table for DIV

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	659.38	164.846	4.84	0.0068
Época	1	172.99	172.992	5.08	0.0355
Sistema*Época	4	1.89	0.473	0.01	0.9996
Error	20	680.64	34.032		
Total	29	1514.90			

Grand Mean 60.259

CV 9.68

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DIV for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
1	66.137	A
2	63.690	A
5	61.192	AB
3	57.407	AB
4	52.872	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 3.3681

Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 10.079

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DIV for Época

Época	Mean	Homogeneous Groups
2	62.661	A
1	57.858	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.1302

Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 4.4456

All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DIV for Sistema*Época

Sistema	Época	Mean	Homogeneous Groups
1	2	68.803	A
2	2	65.873	AB
5	2	63.870	AB
1	1	63.470	AB
2	1	61.507	AB
3	2	59.830	AB
5	1	58.513	AB
3	1	54.983	AB

4	2	54.927	AB
4	1	50.817	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 4.7632
 Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 16.864
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of DIV by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Variance	Minimum	Maximum
1	6	66.137	5.8257	33.939	57.180	73.760
2	6	63.690	6.2082	38.541	58.770	75.740
3	6	57.407	5.6633	32.073	51.930	68.240
4	6	52.872	7.0041	49.058	41.890	60.700
5	6	61.192	4.1824	17.492	56.680	66.150

Descriptive Statistics of DIV by Época

Época	N	Mean	SD	Variance	Minimum	Maximum
1	15	57.858	6.4930	42.158	41.890	67.500
2	15	62.661	7.3275	53.692	49.800	75.740

ANALISIS DATOS TOTAL DE CARBONO EN SUELO/PROFUNDIDAD

Factorial AOV Table for TotalC

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	1837.4	459.3	1.72	0.1854
Profundid	1	26325.7	26325.7	98.48	0.0000
Sistema*Profundid	4	347.0	86.8	0.32	0.8582
Error	20	5346.2	267.3		
Total	29	33856.3			

Grand Mean 61.887
 CV 26.42

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of TotalC for Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
2	74.525	A
5	64.805	A
4	60.817	A
3	58.640	A
1	50.648	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 9.4395
 Critical Q Value 4.232 Critical Value for Comparison 28.248
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of TotalC for Profundid

Profundid	Mean	Homogeneous Groups
1	91.510	A
2	32.264	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 5.9700
 Critical Q Value 2.951 Critical Value for Comparison 12.459

All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of TotalC for Sistema*Profundid

Sistema	Profundid	Mean	Homogeneous Groups
2	1	108.85	A
5	1	93.76	A
4	1	93.56	A
3	1	84.66	AB
1	1	76.73	ABC
2	2	40.20	BCD
5	2	35.85	CD
3	2	32.62	CD
4	2	28.08	D
1	2	24.57	D

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 13.349
 Critical Q Value 5.007 Critical Value for Comparison 47.264
 There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

ANALISIS DATOS BIOMASA TOTAL (TM/ha)

Completely Randomized AOV for Biomasa

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	25863.6	6465.91	5.80	0.0050
Error	15	16719.8	1114.65		
Total	19	42583.4			

Grand Mean 43.065 CV 77.53

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	7.70	0.0014
O'Brien's Test	4.93	0.0097
Brown and Forsythe Test	14.70	0.0000

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Sistema	4.0	26.28	0.0005
Error	6.3		

Component of variance for between groups 1337.81
 Effective cell size 4.0

Sistema	Mean
1	16.30
2	27.40
3	65.62
4	101.98
5	4.02
Observations per Mean	4
Standard Error of a Mean	16.693
Std Error (Diff of 2 Means)	23.608

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Biomasa by Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
4	101.98	A
3	65.623	AB
2	27.398	B
1	16.298	B
5	4.0250	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 23.608
 Critical Q Value 4.368 Critical Value for Comparison 72.908
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of Biomasa by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	4	16.298	2.6998	13.890	20.170
2	4	27.398	14.917	14.550	47.250
3	4	65.623	17.292	52.980	89.640
4	4	101.98	71.018	18.560	171.76
5	4	4.0250	0.9277	3.0200	5.0600

ANALISIS DATOS CARBONO BIOMASA (TM/ha)

Completely Randomized AOV for Carbono

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	8598.9	2149.72	6.18	0.0038
Error	15	5221.2	348.08		
Total	19	13820.0			

Grand Mean 22.188 CV 84.09

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	7.87	0.0013
O'Brien's Test	5.04	0.0089
Brown and Forsythe Test	16.41	0.0000

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Sistema	4.0	26.36	0.0005
Error	6.3		

Component of variance for between groups 450.410
 Effective cell size 4.0

Sistema	Mean
1	6.845
2	11.700
3	32.813
4	57.860
5	1.720
Observations per Mean	4
Standard Error of a Mean	9.3284
Std Error (Diff of 2 Means)	13.192

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Carbono by Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
---------	------	--------------------

4	57.860	A
3	32.813	AB
2	11.700	B
1	6.8450	B
5	1.7200	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 13.192
 Critical Q Value 4.368 Critical Value for Comparison 40.742
 There are 2 groups (A and B) in which the means
 are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of Carbono by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	4	6.8450	1.1339	5.8300	8.4700
2	4	11.700	6.3721	6.2100	20.180
3	4	32.813	8.6459	26.490	44.820
4	4	57.860	40.294	10.530	97.450
5	4	1.7200	0.3962	1.2900	2.1600

ANALISIS DATOS CARBONO TOTAL SUELO (TM/ha)

Completely Randomized AOV for Carbon~01

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	4899.32	1224.83	13.92	0.0001
Error	15	1320.08	88.01		
Total	19	6219.40			

Grand Mean 123.77 CV 7.58

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	2.63	0.0760
O'Brien's Test	1.68	0.2060
Brown and Forsythe Test	1.84	0.1741

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Sistema	4.0	11.15	0.0032
Error	7.3		

Component of variance for between groups 284.206
 Effective cell size 4.0

Sistema	Mean
1	101.30
2	149.05
3	117.28
4	121.63
5	129.61
Observations per Mean	4
Standard Error of a Mean	4.6906
Std Error (Diff of 2 Means)	6.6334

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Carbon~01 by Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
2	149.05	A
5	129.61	AB
4	121.63	BC
3	117.28	BC
1	101.30	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 6.6334
 Critical Q Value 4.368 Critical Value for Comparison 20.486
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of Carbon~01 by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	4	101.30	5.9569	94.500	107.22
2	4	149.05	15.274	132.45	167.12
3	4	117.28	8.1904	105.44	123.45
4	4	121.63	5.2225	115.24	126.13
5	4	129.61	8.7682	118.17	139.14

ANALISIS DATOS CARBONO TOTAL (TM/ha)

Completely Randomized AOV for Carbon~02

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	12015.8	3003.96	7.24	0.0019
Error	15	6222.7	414.85		
Total	19	18238.5			

Grand Mean 145.96 CV 13.95

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	5.99	0.0044
O'Brien's Test	3.84	0.0243
Brown and Forsythe Test	8.74	0.0008

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Sistema	4.0	14.99	0.0014
Error	7.2		

Component of variance for between groups 647.278
 Effective cell size 4.0

Sistema	Mean
1	108.15
2	160.75
3	150.09
4	179.49
5	131.33
Observations per Mean	4
Standard Error of a Mean	10.184
Std Error (Diff of 2 Means)	14.402

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Carbon~O2 by Sistema

Sistema Mean Homogeneous Groups

4	179.49	A
2	160.75	AB
3	150.09	ABC
5	131.33	BC
1	108.15	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 14.402
 Critical Q Value 4.368 Critical Value for Comparison 44.478
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of Carbon~O2 by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	4	108.15	6.7190	100.33	113.77
2	4	160.75	12.734	147.57	174.56
3	4	150.09	15.462	131.93	168.27
4	4	179.49	39.451	136.18	223.58
5	4	131.33	8.4549	120.33	140.43

ANALISIS DATOS CO₂ RETENIDO (TM/ha)

Completely Randomized AOV for CO2

Source	DF	SS	MS	F	P
Sistema	4	161488	40371.9	7.24	0.0019
Error	15	83625	5575.0		
Total	19	245113			

Grand Mean 535.08 CV 13.95

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	6.00	0.0043
O'Brien's Test	3.84	0.0243
Brown and Forsythe Test	8.74	0.0008

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Sistema	4.0	14.99	0.0014
Error	7.2		

Component of variance for between groups 8699.22
 Effective cell size 4.0

Sistema	Mean
1	396.46
2	589.30
3	550.22
4	658.00
5	481.44
Observations per Mean	4
Standard Error of a Mean	37.333
Std Error (Diff of 2 Means)	52.797

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of CO2 by Sistema

Sistema	Mean	Homogeneous Groups
4	658.00	A
2	589.30	AB
3	550.22	ABC
5	481.44	BC
1	396.46	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 52.797
Critical Q Value 4.368 Critical Value for Comparison 163.05
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means
are not significantly different from one another.

Descriptive Statistics of CO2 by Sistema

Sistema	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	4	396.46	24.631	367.81	417.08
2	4	589.30	46.677	541.00	639.92
3	4	550.22	56.682	483.66	616.88
4	4	658.00	144.62	499.24	819.64
5	4	481.44	30.992	441.13	514.81

Matriz de correlaciones Spermán para las variables cualitativas de los sistemas silvopastoriles

VARIABLES	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27
V1 ¿Cuál es su actividad principal?	1																										
V2 ¿La condición de tenencia de sus tierras?	.075	1																									
V3 ¿Usted conoce sobre los sistemas silvopastoriles?	-.064	-.122	1																								
V4 ¿Recibe usted capacitación o asistencia técnica en SSP?	-.152	.002	.702**	1																							
V5 ¿Cuál es el área de terreno que posee?	-.023	-.085	.315**	.278**	1																						
V6 ¿Qué área de terreno dispone para la crianza de ganado vacuno?	-.130	-.105	.302**	.144	.791**	1																					
V7 ¿Para ampliar sus áreas de terreno, tala y quema un bosque nuevo?	-.091	.077	.141	.124	.152	.181*	1																				
V8 ¿Para ampliar sus áreas de terreno, compra nuevas áreas de terreno?	-.240**	.028	.087	-.074	.056	-.023	.028	1																			
V9 ¿Cuál es el diseño de SSP que tiene?	.148	-.021	-.032	-.078	-.004	-.003	-.063	.084	1																		
V10 ¿Área que posee el diseño SSP?	-.024	-.067	.090	.045	.383**	.391**	.051	.074	.194*	1																	
V11 ¿Quién instalo el SSP en su terreno?	.041	.036	-.145	-.207*	.014	.029	.101	.171	.452**	.051	1																
V12 ¿Qué especie de árbol ha plantado en su predio?	.208*	-.013	-.043	-.079	.100	.072	.052	.087	.082	.127	.389**	1															
V13 ¿Cuál es el motivo por el que ha realizado siembra o plantación de árboles?	.029	.057	.128	.088	.125	-.067	-.061	.190*	.153	.037	.215*	.214*	1														
V14 ¿El tipo de pasto que posee su predio es natural o cultivada?	-.205*	-.040	.092	.142	.186*	.202*	.044	.003	-.103	-.160	.063	.077	.069	1													
V15 ¿Qué tipo de especie de pasto predomina en su predio?	-.194*	.095	-.036	.067	-.021	-.056	-.064	.050	.098	-.044	.099	.045	.052	.092	1												
V16 ¿Qué especie de árbol cree usted que se puede utilizar para establecer un SSP?	-.107	.007*	.298**	.234***	.263**	.343**	.284**	-.017	.033	.091*	-.178*	-.113	-.008	.128*	.027*	1**											
V17 ¿Qué edad tiene su SSP?	.045	-.008	-.031	-.025	.159	.117	-.017	.011	-.013	.086	.077	.157	.163	-.120	-.027	-.047	1										
V18 ¿En qué tiempo piensa usted que le va a beneficiar los árboles del SSP?	-.118	-.092	-.051	-.040	.136	.118	-.056	.209*	.159	.214*	.354**	.339**	.139	.092	.078	-.192*	.111	1									
V19 ¿Cuál es la textura del suelo que posee su terreno?	.090	.037	.070	.060	.175*	.090	.114	-.133	.004	-.002	.240**	.053	.106	.090	-.054	.012**	.161	-.032	1								
V20 ¿Qué color del suelo posee su terreno?	-.133	.003	.114	.183*	-.080	-.039	-.065	-.049	-.026	.161	.230**	-.073	.086	.019	-.048	.219*	-.141	.042	.314**	1							
V21 ¿Qué profundidad de capa arable o trabajable tiene su terreno?	-.028	-.029	-.043	-.128	.068	.087	.055	.169	-.067	-.084	.123	.020	-.088	.118	.070	-.053	-.020	.022	.170	.383**	1						
V22 ¿En qué condición de dureza o trabajabilidad se encuentra el suelo de su terreno?	.026	.114	-.051	.003	.291**	.294**	-.007	.022	.027	-.103	-.048	.011	.058	-.150	.079	-.136*	-.063	-.187*	-.191*	.241**	.312**	1					
V23 ¿Qué raza de ganado cría en su hato ganadero?	.001	.114	.011	.049	-.019	-.071	.022	-.011	.099	-.057	.127	.041	.090	.038	.207*	.045**	.000	.139	.053	-.115	.018	-.056	1				
V24 ¿Cuántas cabezas de ganado posee en su hato?	.017	.043	.310**	.257**	.600**	.642**	.362**	.046	-.061	.281**	-.012	.080	.121	.190*	-.105	.521**	.010	-.043	.116	.098	.027	-.098	.052	1			
V25 ¿Qué sistema de pastoreo realiza para la alimentación de su ganado?	.024	.184*	-.021	-.038	.277**	.312**	.019	-.126	-.116	.264**	-.017	-.013	.033	.135	.076	.091	.025	-.035	-.028	.000	.067	-.075	.035	.301**	1		
V26 ¿Cuál es el periodo de descanso que tiene cada parcela pastoreada con SSP?	.017	.079	-.152	-.077	.038	.053	-.207*	-.086	.153	.144	.016	-.137	-.048	-.191*	.073	-.058	-.179*	-.067	-.180*	.115	.253**	.070	-.179*	-.042	.004	1	
V27 ¿Cuántos litros de leche produce diariamente en su hato ganadero?	-.073	-.051	.234**	.148	.369**	.467**	.235**	-.001	-.028	.199*	-.122	-.074	.035	.130	-.025	.837**	.053	-.161	.012	.084	.070	.230**	-.101	.568**	.248**	-.007	1

Anexo 2. Encuesta

PROYECTO:

**Innovación en la evaluación de Sistemas Silvopastoriles de Selva Alta Peruana
como estrategia de adaptación y mitigación al cambio climático**

Financiado por el Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA) Investigación
Estratégica

Estimado/a productor/a:

**Agradecemos mucho la voluntad de participar en este estudio y apreciamos su
colaboración**

Le reiteramos que:

- 1. Esta encuesta está dirigida a productores de ganado vacuno del distrito de
Molinopampa.**
- 2. Su participación es voluntaria.**
- 3. La información que nos proporcione es estrictamente confidencial.**
- 4. Usted puede optar por no responder en el momento que lo desee.**
- 5. Es deseable que conteste la mayor cantidad de preguntas para que el trabajo de
investigación tenga confiabilidad**

Si a lo largo de la encuesta, tuviera alguna duda por favor háganoslo saber.

Encuesta, Julio de 2016

INFORMACION GENERAL

Nombre _____ del _____ encuestador: _____

Fecha: _____ Hora: _____ Encuesta N°: _____

Codificador: _____ Digitador: _____

I. DATOS GENERALES DE LA PERSONA ENCUESTADA

Nombres y apellidos: _____ D.N.I.: _____

Edad: _____

Provincia: _____ Distrito: _____ Comunidad: _____

Nombre del predio: _____ Altitud (msmsm): _____

Coordenadas UTM: _____ Este _____

Norte: _____

II. INFORMACIÓN GENERAL DEL PREDIO

2.1. ¿Cuál es su actividad principal?

1. Agricultura
2. Ganadería
3. Las dos anteriores
4. Transporte
5. Comercio
6. Construcción
7. Otra: _____

2.2. ¿La condición de tenencia de sus tierras es:?

1. Posesionario
2. De su propiedad
3. Arrendada
4. De la comunidad campesina
5. De sus familiares

2.3. ¿Usted conoce sobre los sistemas silvopastoriles –SSP.

1= Si 0= No

2.4. ¿Recibe usted capacitación o asistencia técnica en SSP?.

1= Si 0= No

Si la respuesta es Si nombre de la entidad: _____

III. TAMAÑO DEL PREDIO

3.1. ¿Cuál es el área de terreno que posee?

1. Menor a 2 has
2. De 3 a 5 has
3. De 6 a 10 has
4. De 11 a 20 has
5. De 21 a 30 has
6. De 31 a más has

3.2. ¿Qué área de terreno dispone para la crianza de ganado vacuno?

1. Menor a 2 has
2. De 3 a 5 has
3. De 6 a 10 has
4. De 11 a 20 has
5. De 21 a 30 has
6. De 31 a más has

3.3. ¿Para ampliar sus áreas de terreno qué actividades realiza?

Talar y quemar un bosque nuevo
0= No 1= Si

IV. TIPO DE ARREGLO DEL SSP

4.1. ¿Cuál es el diseño de SSP o arreglo de árboles que usted tiene en su predio?

1. Cercos vivos
2. Árboles en callejones
3. Árboles dispersos en potreros
4. Cortina rompe viento

4.2. ¿Cuánta de área posee el arreglo del SSP?

1. Menos de 1/4 ha
2. De 1/4 a 1/2 ha
3. De 1/2 a 1 ha
4. De 1 a 2 has
5. De 2 a 5 has
6. Mayor a 6 has

4.3. ¿Quién instalo el SSP en su predio?

1. Nosotros mismos
2. Mis abuelos
3. Compramos el terreno
4. Apoyo de instituciones
5. Bosque natural
6. Otros: _____

V. TIPO DE ASOCIACION DEL SSP

5.1. ¿Qué especie de árbol ha plantado en su predio?

- | | |
|----------|----------------|
| 1. Aliso | 2. Ciprés |
| 3. Pino | 4. Eucalipto |
| 5. Pona | 6. Otro: _____ |

5.2. ¿Ha recibido apoyo para la siembra de árboles en su predio?

- 1= Si 0= No

5.3. ¿Cuál es el motivo por lo que ha realizado siembra o plantación de árboles?

1. Ninguna
2. Madera/construcción
3. Carpintería
4. Madera para leña
5. Protección ganado
6. Protección de agua
7. Proteger la biodiversidad
8. Otros: _____

5.4. ¿El tipo de pasto que posee en su predio es natural o cultivada?

- 0= Natural 1= Cultivada

5.5. ¿Qué tipo de especie de pasto predomina en su predio?

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1. Rye grass | 2. Pasto ovilla |
| 3. Kikuyo | 4. Rye grass + trébol |
| 5. Ovilla + trébol | 6. Kikuyo + trebol |
| 7. Otras pasturas: _____ | |

5.6. ¿Qué especie de árbol cree usted que se puede utilizar para establecer un SSP?

- | | |
|-----------------|----------|
| 1. Aliso | 2. Pino |
| 3. Ciprés | 3. Pona |
| 4. Eucalipto | 5. Alamo |
| 6. Otras: _____ | |

VI. EDAD DEL SISTEMA SILVOPASTORIL

6.1. ¿Qué edad tiene su SSP?

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1. De 1 a 5 años | 2. De 6 a 10 años |
| 3. De 11 a 15 años | 4. De 16 a 20 años |
| 5. De 21 a 30 años | 6. Mayor a 31 años |

6.2. ¿En qué tiempo piensa usted que le va a beneficiar los arboles del SSP?

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1. De 1 a 5 años | 2. De 6 a 10 años |
| 3. De 11 a 15 años | 4. De 16 a 20 años |
| 5. De 21 a 30 años | 6. Mayor a 31 años |

VII. CONDICION DEL SUELO

7.1. ¿Cuál es la textura del suelo que posee su predio?

- | | |
|---------------------|-------------------|
| 1. Arenoso | 2. Arcilloso |
| 3. Limoso | 4. Franco arenoso |
| 5. Franco arcilloso | 6. Franco limoso. |
| 7. Franco | |

7.2. ¿Qué color del suelo posee su terreno?

- | | |
|----------------|-------------------|
| 1. Negro | 2. Marrón oscuro. |
| 3. Amarillento | 4. Rojizo |
| 5. Plomo | |

7.3. Que profundidad de capa arable o trabajable tiene su terreno?

- | | |
|------------------|------------------|
| 1. De 1 a 15 cm | 2. De 16 a 30 cm |
| 3. De 31 a 50 cm | 4. Más de 50 cm |

7.4. ¿En qué condición de dureza o trabajabilidad se encuentra el suelo de su predio?

1. Suelto
2. Compactado
3. Degradado

VIII. MANEJO GANADERO EN EL PREDIO

8.1. ¿Qué razas de ganado cría en su predio ganadero?

1. Brown Swiss
2. Simmental
3. Holstein
4. Cruces mejorados
5. Criollo
6. Otros: _____

8.2. ¿Número de cabezas de ganado que posee en su predio ganadero?

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1. Menos de 5 cabezas | 2. De 5 a 10 cabezas |
| 3. De 11 a 20 cabezas | 4. De 21 a 50 cabezas |
| 5. De 51 a más cabezas | |

8.3. ¿Qué sistema de pastoreo realiza para la alimentación de su ganado?

1. A estaca
2. Pastoreo suelto
3. Estabulado
4. Semiabulado
5. Cerco eléctrico

8.4. ¿Cuál es el periodo de descanso que tiene cada parcela pastoreada, con SSP?

1. Menor a 1 a 30 días
2. De 31 a 60 días
3. De 61 a 90 días
4. De 91 a 120 días
5. De 121 días a más.

8.5. ¿Cuántos animales se encuentran en producción de leche?

1. 1 a 5 animales
2. 5 a 10 animales
3. 10 a 20 animales
4. 21 a 30 animales
5. Más de 31 animales

8.6. ¿Cuántos litros de leche produce diariamente en su hato ganadero?: _____

Firma del encuestador

Firma del productor

Anexo 3. Reporte de análisis nutricional



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN
LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

“Año del Buen Servicio al Ciudadano”

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

CODIGO	MUESTRA	PESO (gramos)	PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %
AQ17-0836/01	EUCALIPTO 1 C.A.	130	11.36
AQ17-0836/02	EUCALIPTO 2 C.A.	132	6.11
AQ17-0836/03	EUCALIPTO 3 C.A.	148	6.54
AQ17-0836/04	EUCALIPTO 1 S.S.P	134	12.14
AQ17-0836/05	EUCALIPTO 2 S.S.P	138	8.09
AQ17-0836/06	EUCALIPTO 3 S.S.P	132	9.76
AQ17-0836/07	ALAMO 1 S.S.P	148	9.42
AQ17-0836/08	ALAMO 2 S.S.P	124	10.06
AQ17-0836/09	ALAMO 3 S.S.P	124	7.82
AQ17-0836/10	ALAMO 1 C.A.	160	6.79
AQ17-0836/11	ALAMO 2 C.A.	142	9.75
AQ17-0836/12	ALAMO 3 C.A.	154	7.87
AQ17-0836/13	GUABA 1 S.S.P	160	11.54
AQ17-0836/14	GUABA 2 S.S.P	152	13.00
AQ17-0836/15	GUABA 3 S.S.P	152	12.75
AQ17-0836/16	GUABA 1 C.A.	162	7.69
AQ17-0836/17	GUABA 2 C.A.	168	7.52
AQ17-0836/18	GUABA 3 C.A.	162	7.18
AQ17-0836/19	6-AISSP	126	13.51
AQ17-0836/20	9-PoSCA	158	10.95
AQ17-0836/21	6-AISCA	148	12.41



Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

“Año del Buen Servicio al Ciudadano”

INFORME DE ENSAYO LENA N° 0306/2017

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
NOMBRE DEL PRODUCTO : 14 muestras de pastos molidos
(Denominación responsabilidad del cliente)
MUESTRA : PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN : 02-03-2017
FECHA DE ANÁLISIS : Del 10/03/17 al 17/03/17
CANTIDAD DE MUESTRA : Indicados en tabla
PRESENTACION : Muestra en frasco de polietileno con tapa
IDENTIFICACION : AQ17-0306/01-14

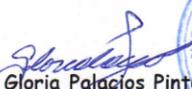
RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

CÓDIGO	MUESTRA	PESO (g)	PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %
AQ17-0306/01	Pino - SSP	36	15.25
AQ17-0306/02	Pino - CA	36	14.93
AQ17-0306/03	Pona - SSP	36	11.64
AQ17-0306/04	Pona - CA	36	11.46
AQ17-0306/05	Ciprés - SSP	36	15.69
AQ17-0306/06	Ciprés - CA	38	15.26
AQ17-0306/07	Aliso - SSP	38	15.93
AQ17-0306/08	Aliso - CA	36	14.58
AQ17-0306/09	Álamo - SSP	36	9.40
AQ17-0306/10	Álamo - CA	36	7.17
AQ17-0306/11	Eucalipto - SSP	38	10.59
AQ17-0306/12	Eucalipto - CA	38	8.73
AQ17-0306/13	Guaba - SSP	38	12.48
AQ17-0306/14	Guaba - CA	38	7.47

Métodos utilizados:

AOAC (2005), 984.13

Atentamente,


Ing. Gloria Palacios Pinto
Jefe del Laboratorio de Evaluación
Nutricional de Alimentos



La Molina, 17 de Marzo del 2017

LABORATORIO DE NUTRICIÓN DE RUMIANTES

INFORME DE RESULTADOS: 09-18LNR

PROYECTO: PNIA "INNOVACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES DE SELVA ALTA PERUANA COMO ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO"

SERVICIO: DETERMINACIÓN DE FIBRA DETERGENTE NEUTRA (FDN) Y DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE MATERIA SECA APARENTE (DIVMS-Ap-48h)

NOMBRE DE MUESTRA: 42 MUESTRAS DE PASTOS MOLIDOS

ATENCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

SOLICITANTE: MSc. DANTE PIZARRO

FECHA: 26/03/18

N° Muestra	Descripción de muestra	Código de Muestra	%Hd 1*		%FDN (b.s) 2*		%DIVMS-ap.48h 3*	
			sub replica	promedio	sub replica	promedio	sub replica	promedio
1	PASTO MOLIDO	1.1.1-H	4.83	4.95	61.66	61.19	55.87	56.26
			5.07		60.71		56.65	
2	PASTO MOLIDO	1.1.2-H	4.75	4.72	64.41	64.73	45.33	46.31
			4.68		65.06		47.30	
3	PASTO MOLIDO	1.2.1-H	4.38	4.44	64.73	64.93	52.59	50.89
			4.49		65.13		49.18	
4	PASTO MOLIDO	1.2.2-H	5.24	5.31	64.96	64.75	43.85	44.34
			5.38		64.55		44.83	
5	PASTO MOLIDO	1.3.1-H	4.56	4.52	61.61	61.47	59.57	59.59
			4.48		61.34		59.61	
6	PASTO MOLIDO	1.3.2-H	6.44	6.42	64.68	64.74	46.76	46.75
			6.39		64.79		46.74	
7	PASTO MOLIDO	2.1.1-H	4.17	4.09	64.62	64.75	53.01	54.01
			4.01		64.88		55.01	
8	PASTO MOLIDO	2.1.2-H	4.70	4.77	67.15	67.53	41.25	40.89
			4.84		67.91		40.53	
9	PASTO MOLIDO	2.2.1-H	4.04	4.03	66.04	66.09	42.70	43.12
			4.02		66.14		43.54	
10	PASTO MOLIDO	2.2.2-H	5.20	5.13	70.78	70.42	49.77	49.43
			5.07		70.06		49.10	
11	PASTO MOLIDO	2.3.1.-H	4.82	4.92	64.00	64.27	43.64	43.86
			5.01		64.55		44.09	
12	PASTO MOLIDO	2.3.2-H	5.08	5.20	68.75	68.37	43.31	43.23
			5.33		68.00		43.16	
13	PASTO MOLIDO	3.1.1-H	5.50	5.48	63.12	63.36	43.51	42.94
			5.46		63.61		42.38	
14			3.62	3.57	59.32	59.97	51.68	52.36

	PASTO MOLIDO	3.1.2-H	3.52		60.61		53.03	
15	PASTO MOLIDO	3.2.1-H	3.46	3.57	63.29	62.87	50.49	51.09
			3.68		62.45		51.70	
16	PASTO MOLIDO	3.2.2-H	4.08	4.22	64.58	64.52	49.45	49.89
			4.36		64.46		50.34	
17	PASTO MOLIDO	3.3.1-H	4.19	4.05	60.56	60.59	56.05	56.06
			3.91		60.63		56.07	
18	PASTO MOLIDO	3.3.2-H	3.60	3.80	63.73	64.35	56.56	55.83
			4.01		64.96		55.11	
19	PASTO MOLIDO	1.1.1-M	4.17	4.15	46.39	46.33	52.86	52.79
			4.12		46.27		52.72	
20	PASTO MOLIDO	1.1.2 M	5.14	5.15	49.82	50.16	47.86	47.82
			5.16		50.49		47.78	
21	PASTO MOLIDO	1.2.1M	4.97	5.03	54.52	54.48	46.33	45.89
			5.10		54.44		45.46	
22	PASTO MOLIDO	1.2.2 M	5.86	5.65	47.13	46.83	47.27	47.41
			5.44		46.54		47.54	
23	PASTO MOLIDO	1.3.1 M	4.71	4.81	50.05	49.82	47.64	47.80
			4.90		49.59		47.96	
24	PASTO MOLIDO	1.3.2 M	4.70	4.82	58.84	58.97	40.76	40.65
			4.94		59.10		40.55	
25	PASTO MOLIDO	2.1.1 M	6.77	6.83	58.03	57.76	38.40	38.84
			6.90		57.49		39.28	
26	PASTO MOLIDO	2.1.2 M	5.34	5.32	63.78	63.10	47.78	49.11
			5.31		62.42		50.44	
27	PASTO MOLIDO	2.2.1 M	5.41	5.33	39.04	38.52	58.41	56.92
			5.25		38.00		55.42	
28	PASTO MOLIDO	2.2.2 M	4.78	4.78	57.98	57.71	48.49	48.66
			4.78		57.44		48.82	
29	PASTO MOLIDO	2.3.1 M	4.22	4.09	61.10	60.98	46.80	46.04
			3.96		60.86		45.28	
30	PASTO MOLIDO	2.3.2. M	3.97	4.05	58.17	58.20	53.81	52.04
			4.14		58.23		50.27	
31	PASTO MOLIDO	3.1.1 M	4.43	4.49	63.55	64.04	43.55	42.23
			4.56		64.53		40.91	
32	PASTO MOLIDO	3.1.2 M	4.53	4.58	60.67	60.57	43.21	44.49
			4.64		60.47		45.77	
33	PASTO MOLIDO	3.2.1 M	4.83	4.89	59.96	59.93	54.24	55.39
			4.96		59.89		56.54	
34	PASTO MOLIDO	3.2.2 M	5.30	5.14	44.44	44.47	54.46	55.96
			4.97		44.51		57.46	
35			5.44	5.36	44.64	44.56	54.34	55.87

	PASTO MOLIDO	3.3.1M	5.28		44.49		57.39	
	PASTO MOLIDO		4.73		50.25		56.47	
36	PASTO MOLIDO	3.3.2 M	4.63	4.68	49.79	50.02	56.02	56.24
	PASTO MOLIDO		3.99		65.72		38.84	
37	PASTO MOLIDO	4.1.1 M	4.32	4.15	65.91	65.81	40.30	39.57
	PASTO MOLIDO		5.06		63.57		37.35	
38	PASTO MOLIDO	4.1.2 M	5.07	5.07	64.39	63.98	41.45	39.40
	PASTO MOLIDO		5.40		61.96		40.49	
39	PASTO MOLIDO	4.2.1 M	5.26	5.33	61.63	61.80	39.08	39.79
	PASTO MOLIDO		5.46		61.72		42.01	
40	PASTO MOLIDO	4.2.2 M	5.41	5.44	61.92	61.82	41.01	41.51
	PASTO MOLIDO		4.39		64.49		33.27	
41	PASTO MOLIDO	4.3.1 M	4.47	4.43	64.85	64.67	32.68	32.98
	PASTO MOLIDO		4.66		67.60		30.19	
42	PASTO MOLIDO	4.3.2 M	4.71	4.69	67.37	67.48	30.36	30.27

Referencia bibliográfica:

1*: AOAC (2005), 950.46

2*: ANKOM (2005). Method N° 6. Neutral Detergent Fiber in feed. Filter bags technique

3*: ANKOM (2005) method N° 3 - In Vitro True Digestibility using the DAISY INCUBATOR


ING. JORGE GAMARRA B.



Laboratorio de Nutrición de Rumiantes

Anexo 4. Reporte de análisis de suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : UNALM - PROYECTO PNIA SISTEMAS SILVOPASTORILES

Provincia : CHACHAPOYAS
 Predio :
 Fecha : 20/03/17

Departamento : AMAZONAS
 Distrito : MOLINOPAMPA
 Referencia : H.R. 57872-038C-17

Lab	Numero de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Bases	% Sat. De Bases	
	Claves								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺				Al ³⁺ + H ⁺
2243		D11.1	4.63	0.21	0.00	9.28	5.4	201	32	42	26	Fr.	31.52	17.40	2.07	0.44	0.17	1.30	21.38	20.08	64
2244		D11.2	4.31	0.09	0.00	1.64	4.1	124	42	34	24	Fr.	26.40	21.30	1.53	0.33	0.14	7.10	30.40	23.30	88
2245		D12.1	6.60	0.46	0.00	5.39	7.7	85	38	44	18	Fr.	26.88	25.02	1.63	0.18	0.04	0.00	26.88	26.88	100
2246		D12.2	6.62	0.21	0.00	3.08	4.3	107	36	36	28	Fr.Ar.	28.00	25.58	2.13	0.23	0.06	0.00	28.00	28.00	100
2247		D113.1	5.47	0.43	0.00	8.28	26.3	186	36	36	28	Fr.Ar.	35.20	32.35	2.30	0.38	0.07	0.10	35.20	35.10	100
2248		D113.2	6.36	0.15	0.00	3.25	33.4	195	62	20	18	Fr.A.	31.68	29.41	1.82	0.40	0.05	0.00	31.68	31.68	100
2249		D14.1	5.83	0.39	0.00	7.82	32.3	230	52	32	16	Fr.	32.32	29.05	2.62	0.48	0.08	0.10	32.32	32.22	100
2250		D14.2	6.15	0.16	0.00	2.30	5.3	249	46	30	24	Fr.	31.20	28.13	2.33	0.58	0.16	0.00	31.20	31.20	100
2251		D15.1	5.87	0.48	0.00	11.79	7.0	378	28	42	30	Fr.Ar.	35.20	31.74	2.47	0.81	0.09	0.10	35.20	35.10	100
2252		D15.2	6.48	0.23	0.00	3.61	3.2	325	54	12	34	Fr.Ar.A.	31.20	28.35	2.03	0.76	0.06	0.00	31.20	31.20	100
2253		JM6.1	5.57	0.28	0.00	15.31	5.0	461	60	26	14	Fr.A.	40.00	26.10	3.28	0.89	0.25	0.30	30.82	30.52	76
2254		JM6.2	5.45	0.13	0.00	2.67	1.9	360	16	26	58	Ar.	32.80	20.80	2.87	0.72	0.19	0.40	24.98	24.58	75

A = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Sady García Benítez
 Sady García Benítez
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : UNALM - PROYECTO PNIA SISTEMAS SILVOPASTORILES

Departamento : AMAZONAS
 Distrito : MOLINOPAMPA
 Referencia : H.R. 57872-038C-17

Provincia : CHACHAPOYAS
 Predio :
 Fecha : 20/03/17

Lab	Numero de Muestra	Claves	pH (1:1)	C.E (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Analisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes Bases	Suma de Sat. De Bases	%	
									Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺				Al ⁺³ + H ⁺
2255	JM7.1		5.38	0.41	0.00	17.65	6.8	264	42	30	28	Fr.Ar.	46.40	39.60	3.77	0.54	0.10	0.20	44.21	44.01	95
2256	JM7.2		6.23	0.14	0.00	3.56	1.2	276	22	26	52	Ar.	36.16	29.10	3.60	0.50	0.08	0.00	33.28	33.28	92
2257	TH8.1		4.63	0.15	0.00	14.34	2.7	302	68	32	0	Fr.A.	32.00	5.20	1.02	0.62	0.03	2.20	9.07	6.87	21
2258	TH8.2		4.64	0.05	0.00	7.17	2.6	59	60	40	0	Fr.A.	28.00	1.88	0.25	0.11	0.04	3.70	5.99	2.29	8
2259	TH9.1		4.57	0.24	0.00	11.17	2.7	235	52	38	10	Fr.	26.08	4.98	0.73	0.44	0.04	1.20	7.40	6.20	24
2260	TH9.2		4.72	0.03	0.00	2.41	1.4	52	62	24	14	Fr.A.	26.40	2.46	0.32	0.09	0.04	6.60	9.51	2.91	11
2261	PV10.1		4.92	0.18	0.00	9.75	25.2	273	60	34	6	Fr.A.	24.00	7.10	2.12	0.56	0.04	0.30	10.12	9.82	41
2262	PV10.2		5.74	0.10	0.00	4.14	14.8	434	48	38	14	Fr.	20.80	7.70	1.42	0.86	0.06	0.20	10.23	10.03	48
2263	PV11.1		5.51	0.26	0.00	13.33	29.5	588	52	40	8	Fr.	28.00	12.10	3.35	1.20	0.14	0.30	17.09	16.79	60
2264	PV11.2		5.30	0.09	0.00	3.06	21.5	191	52	32	16	Fr.	20.80	4.86	1.37	0.45	0.08	0.50	7.26	6.76	32
2265	TH12.1		6.77	0.75	0.00	15.86	19.7	475	66	26	8	Fr.A.	42.24	39.73	1.45	1.01	0.05	0.00	42.24	42.24	100
2266	TH12.2		7.40	0.30	0.00	3.29	2.9	217	28	26	46	Ar.	37.28	36.20	0.58	0.42	0.08	0.00	37.28	37.28	100

A = Arena; A.Fr. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A. = Franco Arcilloso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. = Arcilloso

Sady García Bendeziú
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : UNALM - PROYECTO PNIA SISTEMAS SILVOPASTORILES
 Departamento : AMAZONAS
 Distrito : MOLINOPAMPA
 Referencia : H.R. 57872-038C-17

Provincia : CHACHAPOYAS
 Predio :
 Fecha : 20/03/17

Lab	Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	% Sat. De Bases		
	Claves	Claves							Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺			Na ⁺ + H ⁺	
2267	TH13.1		5.85	0.21	0.00	15.52	2.6	291	54	32	14	Fr.A.	44.80	41.95	1.98	0.57	0.10	0.20	44.80	100
2268	TH13.2		5.51	0.06	0.00	2.44	4.2	200	20	34	46	Ar.	33.60	28.00	1.03	0.45	0.10	0.20	29.78	88
2269	IE14.1		4.40	0.10	0.00	12.07	3.8	133	60	26	14	Fr.A.	28.80	1.66	0.32	0.27	0.03	6.30	8.58	2.28
2270	IE14.2		4.53	0.03	0.00	3.10	4.6	81	56	18	26	Fr.Ar.A.	19.52	1.10	0.22	0.17	0.07	4.80	6.36	1.56
2271	IE15.1		4.64	0.13	0.00	20.41	4.1	314	68	22	10	Fr.Ar.	41.60	4.77	0.87	0.59	0.11	4.50	10.84	6.34
2272	IE15.2		4.56	0.04	0.00	6.21	1.2	151	42	30	28	Fr.Ar.	32.96	2.75	0.43	0.30	0.08	10.30	13.86	3.56
2273	JC16.1		4.09	0.17	0.00	17.38	1.6	246	44	44	12	Fr.	33.12	4.20	1.28	0.52	0.06	2.50	8.56	6.06
2274	JC16.2		4.00	0.08	0.00	2.76	1.8	161	46	34	20	Fr.	19.68	2.66	0.38	0.39	0.06	5.40	8.90	3.50
2275	JC17.1		4.19	0.13	0.00	11.59	2.7	206	44	36	20	Fr.	38.40	4.26	0.57	0.47	0.12	9.40	14.82	5.42
2276	JC17.2		4.22	0.06	0.00	9.10	2.2	145	38	38	24	Fr.	36.80	2.29	0.38	0.33	0.06	8.40	11.46	3.06
2277	PG18.1		3.79	0.14	0.00	21.79	2.0	89	32	50	18	Fr.L.	52.80	1.37	0.25	0.14	0.13	4.90	6.79	1.89
2278	PG18.2		4.23	0.03	0.00	1.44	2.1	73	22	38	40	Ar.	21.92	1.04	0.23	0.17	0.04	5.30	6.79	1.49

A = Arena ; A.Fr. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcilloso Limoso ; Ar.A. = Arcilloso Arenoso ; Ar.L. = Arcilloso Limoso ; Ar. = Arcilloso


 Silvia García Bendezu
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : UNALM - PROYECTO PNIA SISTEMAS SILVOPASTORILES

Departamento : AMAZONAS
 Distrito : MOLINOPAMPA
 Referencia : H.R. 57872-038C-17

Provincia : CHACHAPOYAS
 Predio :
 Fecha : 20/03/17

Lab	Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
	Claves								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
2279	PG19.1		4.81	0.20	0.00	14.34	1.7	173	68	24	8	Fr. A.	41.12	12.00	1.03	0.37	0.09	0.30	13.79	13.49	33
2280	PG19.2		4.41	0.06	0.00	4.77	3.2	108	26	44	30	Fr. Ar.	30.72	3.56	0.50	0.27	0.09	3.30	7.72	4.42	14
2281	PG20.1		4.33	0.26	0.00	12.41	1.2	613	70	18	12	Fr. A.	45.76	7.78	3.97	1.03	0.05	3.90	16.73	12.83	28
2282	PG20.2		4.47	0.08	0.00	1.43	12.1	282	50	30	20	Fr.	36.32	1.12	0.60	0.67	0.13	14.70	17.22	2.52	7
2283	PG21.1		4.54	0.21	0.00	12.27	2.6	165	42	36	22	Fr.	40.00	8.42	1.40	0.38	0.03	3.10	13.33	10.23	26
2284	PG21.2		4.56	0.04	0.00	3.50	2.6	205	26	40	34	Fr. Ar.	30.40	1.76	0.48	0.46	0.03	8.70	11.44	2.74	9
2285	EZ22.1		4.23	0.11	0.00	10.23	1.7	424	56	26	18	Fr. A.	36.80	2.90	1.15	1.03	0.05	12.00	17.13	5.13	14
2286	EZ22.2		4.37	0.04	0.00	2.35	1.4	184	44	30	26	Fr.	34.88	1.05	0.42	0.43	0.05	19.10	21.04	1.94	6
2287	EZ23.1		3.61	0.14	0.00	13.42	2.4	245	40	40	20	Fr.	40.00	1.37	0.77	0.57	0.05	12.90	15.66	2.76	7
2288	EZ23.2		3.91	0.08	0.00	3.94	1.5	154	48	36	16	Fr.	36.32	1.04	0.27	0.33	0.04	19.10	20.78	1.68	5
2289	JM24.1		3.81	0.18	0.00	12.14	5.3	212	56	34	10	Fr. A.	35.68	2.76	1.15	0.48	0.05	9.80	14.24	4.44	12
2290	JM24.2		4.15	0.06	0.00	3.81	4.1	137	28	38	34	Fr. Ar.	28.80	1.12	0.40	0.31	0.06	15.00	16.89	1.89	7
2291	JM25.1		3.50	0.27	0.00	20.69	1.7	217	64	28	8	Fr. A.	57.60	3.44	1.43	0.46	0.02	5.00	10.35	5.35	9
2292	JM25.2		4.13	0.07	0.00	6.74	1.7	167	56	32	12	Fr. A.	48.00	1.75	0.55	0.36	0.02	13.60	16.28	2.68	6

A = Arena ; A Fr. = Franco Arenoso ; Fr. A. = Franco Arcilloso ; Fr. = Franco ; Fr. L. = Franco Limoso ; L. = Limoso ; Fr. Ar. A. = Franco Arcilloso Arenoso ; Fr. Ar. = Franco Arcilloso ; Fr. Ar. L. = Franco Arcilloso Limoso ; Ar. A. = Arcilloso Arenoso ; Ar. L. = Arcilloso Limoso ; Ar. = Arcilloso


Dr. Sady García-Bendezi
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telef.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : UNALM - PROYECTO PNIA SISTEMAS SILVOPASTORILES

Departamento : AMAZONAS
 Distrito : VALLE DE HUAYABAMBA
 Referencia : H.R. 57873-038C-17

Provincia : RODRIGUEZ DE MENDOZA
 Predio :
 Fecha : 20/03/17

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Sat. De Bases %		
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺			Al ⁺³ + H ⁺	
2293	WR1.1	5.80	0.14	0.00	4.21	10.0	80	46	46	8	Fr.	17.12	16.11	0.52	0.17	0.03	0.30	17.12	16.82	98
2294	WR1.2	6.34	0.11	0.00	2.07	7.4	70	40	42	18	Fr.	13.12	12.49	0.45	0.14	0.04	0.00	13.12	13.12	100
2295	WR2.1	6.28	0.24	0.00	5.70	28.1	229	38	46	16	Fr.	19.68	18.15	0.98	0.51	0.03	0.00	19.68	19.68	100
2296	WR2.2	7.36	0.32	0.00	3.94	78.2	112	38	44	18	Fr.	21.12	19.60	1.18	0.24	0.10	0.00	21.12	21.12	100
2297	MR3.1	5.63	0.21	0.00	8.38	12.6	141	46	34	20	Fr.	22.08	20.18	1.17	0.33	0.10	0.30	22.08	21.78	99
2298	MR3.2	5.74	0.07	0.00	1.31	4.2	74	58	24	18	Fr.A.	11.20	10.35	0.42	0.16	0.08	0.20	11.20	11.00	98
2299	MR4.1	5.35	0.16	0.00	4.14	21.8	72	84	10	6	A.Fr.	10.88	8.20	0.67	0.14	0.07	0.20	9.27	9.07	83
2300	MR4.2	5.03	0.15	0.00	1.32	33.0	58	86	14	0	A.	6.40	4.31	0.32	0.07	0.13	0.20	5.03	4.83	75
2301	MA5.1	5.47	0.45	0.00	20.23	23.3	338	28	40	32	Fr.Ar.	43.20	39.16	2.78	0.77	0.19	0.30	43.20	42.90	99
2302	MA5.2	6.37	0.21	0.00	5.52	7.4	280	16	24	60	Ar.	37.28	33.10	1.75	0.42	0.16	0.00	35.42	35.42	95
2303	MA6.1	5.79	0.38	0.00	18.76	26.7	515	54	32	14	Fr.A.	45.60	40.88	3.47	0.95	0.10	0.20	45.60	45.40	100
2304	MA6.2	6.39	0.21	0.00	4.22	2.9	267	16	30	54	Ar.	33.92	31.23	2.08	0.47	0.14	0.00	33.92	33.92	100

A = Arena , A.Fr. = Franco Arenoso ; Fr.A. = Franco Limoso , L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Sady García Bendezi
Sady García Bendezi
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelos@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : UNALM - PROYECTO PNIA SISTEMAS SILVOPASTORILES

Departamento : AMAZONAS

Distrito : VALLE DE HUAYABAMBA

Referencia : H.R. 57873-038C-17

Provincia : RODRIGUEZ DE MENDOZA

Predio :

Fecha : 20/03/17

Lab	Número de Muestra		C.E. (1:1) dS/m	pH (1:1)	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
	Claves	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
2305	CV7.1		5.38	0.24	0.00	16.83	2.9	199	32	44	24	Fr.	40.00	37.37	1.70	0.45	0.08	0.40	40.00	39.60	99
2306	CV7.2		5.82	0.13	0.00	5.82	2.1	144	28	40	32	Fr.Ar.	24.00	22.69	0.80	0.26	0.05	0.20	24.00	23.80	99
2307	CV8.1		5.21	0.20	0.00	14.07	3.8	221	46	32	22	Fr.	32.32	28.90	0.62	0.47	0.12	0.40	30.51	30.11	93
2308	CV8.2		5.60	0.22	0.00	5.57	3.2	111	16	44	40	Ar.L	25.60	24.52	0.63	0.26	0.09	0.20	25.60	25.40	99
2309	WR9.1		6.25	0.26	0.00	9.35	10.6	218	36	14	14	Fr.	24.48	23.37	0.55	0.43	0.13	0.00	24.48	24.48	100
2310	WR9.2		5.18	0.06	0.00	1.38	9.6	72	70	18	12	Fr.A	11.84	9.12	0.28	0.18	0.15	0.30	10.03	9.73	82
2311	WR10.1		5.35	0.25	0.00	15.34	30.6	228	34	46	20	Fr.	21.44	19.15	1.40	0.52	0.17	0.20	21.44	21.24	99
2312	WR10.2		5.71	0.10	0.00	2.87	9.8	105	28	44	28	Fr.Ar.	20.32	19.36	0.58	0.23	0.05	0.10	20.32	20.22	100
2313	MQ11.1		7.75	0.38	0.90	6.78	26.3	200	22	66	12	Fr.L	16.48	15.18	0.77	0.44	0.10	0.00	16.48	16.48	100
2314	MQ11.2		6.41	0.12	0.00	1.82	6.8	62	52	34	14	Fr.	12.80	12.31	0.27	0.11	0.11	0.00	12.80	12.80	100
2315	MQ12.1		6.07	0.12	0.00	15.96	15.7	130	36	44	20	Fr.	29.92	28.22	1.17	0.32	0.21	0.00	29.92	29.92	100
2316	MQ12.2		5.95	0.24	0.00	3.02	3.8	83	34	50	16	Fr.L	20.80	20.10	0.25	0.19	0.17	0.10	20.80	20.70	100

A = Arena ; A.Fr. = Franco Arenoso ; Fr.A. = Franco Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;

Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : UNALM - PROYECTO PNIA SISTEMAS SILVOPASTORILES

Departamento : AMAZONAS
 Distrito : VALLE DE HUAYABAMBA
 Referencia : H.R. 57873-038C-17

Provincia : RODRIGUEZ DE MENDOZA
 Predio :
 Fecha : 20/03/17

Lab	Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases	
	Claves								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺				Al ⁺³ + H ⁺
2317	AT13.1		4.62	0.14	0.00	7.97	13.5	207	32	40	28	Fr,Ar	28.80	10.60	1.37	0.48	0.14	0.60	13.18	12.58	44
2318	AT13.2		5.19	0.21	0.00	3.03	1.4	165	22	38	40	Ar	26.88	24.95	1.27	0.37	0.10	0.20	26.88	26.68	99
2319	AT14.1		5.74	0.23	0.00	12.14	3.6	324	28	32	40	Ar	40.00	37.04	1.90	0.69	0.07	0.30	40.00	39.70	99
2320	AT14.2		5.79	0.25	0.00	5.17	6.1	195	30	34	36	Fr,Ar	35.20	33.22	1.23	0.42	0.13	0.20	35.20	35.00	99
2321	PV15.1		5.48	0.21	0.00	17.70	5.6	303	56	26	18	Fr,A	43.20	39.79	2.32	0.67	0.12	0.30	43.20	42.90	99
2322	PV15.2		4.67	0.08	0.00	1.62	1.4	121	24	42	34	Fr,Ar	26.08	11.20	0.67	0.25	0.12	4.50	16.74	12.24	47
2323	PV16.1		5.40	0.19	0.00	20.69	1.8	281	46	34	20	Fr	38.08	35.17	1.97	0.66	0.09	0.20	38.08	37.88	99
2324	PV16.2		4.56	0.08	0.00	4.97	2.6	146	22	38	40	Ar	30.40	10.60	0.70	0.34	0.05	6.70	18.39	11.69	38
2325	FF17.1		7.54	0.51	0.90	7.90	34.1	158	46	30	24	Fr	24.32	22.94	0.95	0.37	0.06	0.00	24.32	24.32	100
2326	FF17.2		7.93	0.42	1.60	4.32	22.2	83	44	34	22	Fr	22.72	21.96	0.37	0.15	0.24	0.00	22.72	22.72	100
2327	FF18.1		5.77	0.36	0.00	2.76	7.7	191	56	30	14	Fr,A	34.72	31.03	3.08	0.35	0.05	0.20	34.72	34.52	99
2328	FF18.2		5.40	0.06	0.00	4.39	1.6	122	44	26	30	Fr,Ar	26.24	22.20	2.40	0.24	0.05	0.30	25.19	24.89	95

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso


 Sady Garcia Bendezi
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

METODOS SEGUIDOS EN EL ANALISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla: método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. PH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KClN, relación 1:2.5.
4. Calcio total (CaCO3): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. %M.O.= %Cx1.724.
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO3=0.5M, pH 8.5.
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃ - COONH₄)N, pH 7.0
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃ - COOCH₃)N; pH 7.0
10. Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ cambiabiles: reemplazamiento con acetato de amonio

- (CH₃ - COONH₄)N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.
11. Al³⁺, H⁺: método de Yuan. Extracción con KCl, N
 12. Iones solubles:
 - a) Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica
 - b) Cl⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻ solubles: volumetría y colorimetría. SO₄²⁻ turbidimetría con cloruro de Bario.
 - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
 - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona

Equivalencias:

- 1 ppm=1 mg/kilogramo
- 1 milimho (mmho/cm) = 1 decaSiemens/metro
- 1 miliequivalente / 100 g = 1 cmol(+)/kg
- Salles solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes
- CE (1 : 1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACION

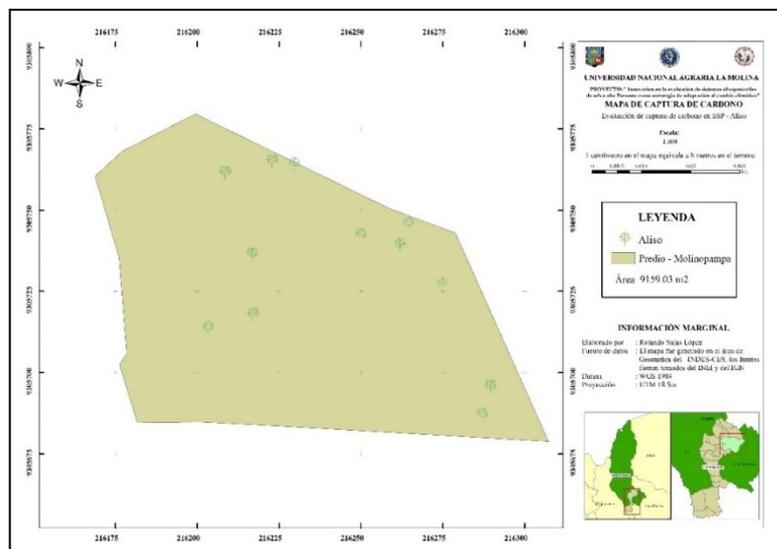
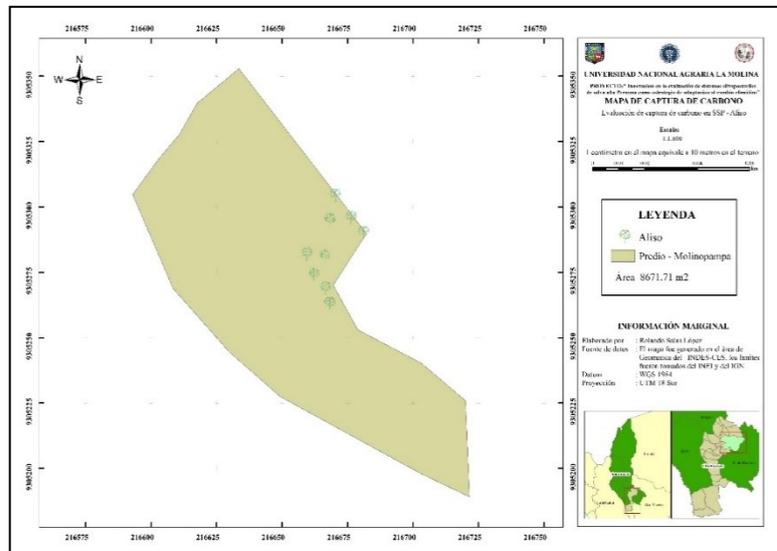
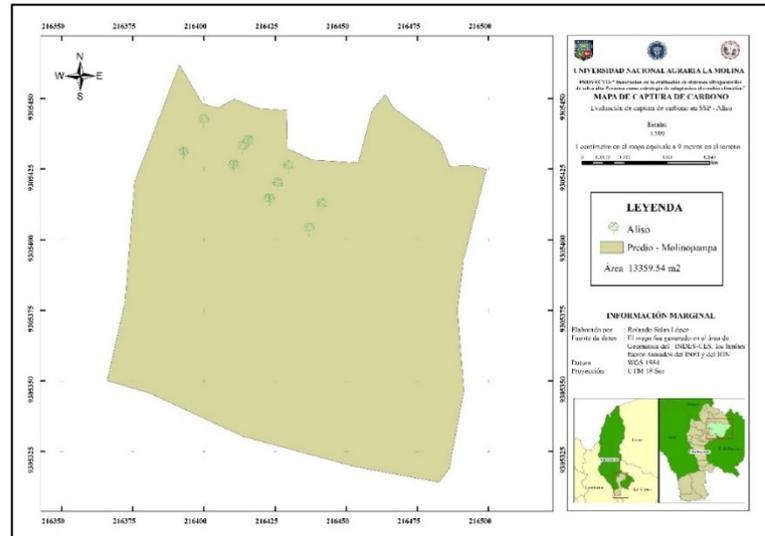
Salinidad	CE(es)	Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible	Relaciones Catiónicas		
					Clasificación	K/Mg	Ca/Mg
Clasificación del Suelo		%	ppm P	ppm K			
*muy ligeramente salino	<2	<2.0	<7.0	<100	*Normal	0.2 - 0.3	5 - 9
*ligeramente salino	2 - 4	2 - 4	7.0 - 14.0	100 - 240	*defc. Mg	>0.5	
*moderadamente salino	4 - 8	>4.0	>14.0	>240	*defc. K	>0.2	
*fuertemente salino	>8				*defc. Mg		>10

CLASES TEXTURALES

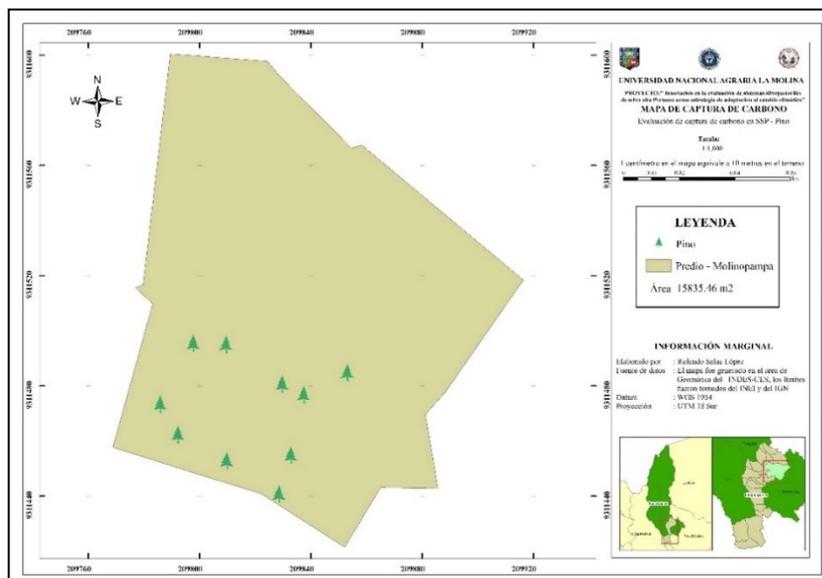
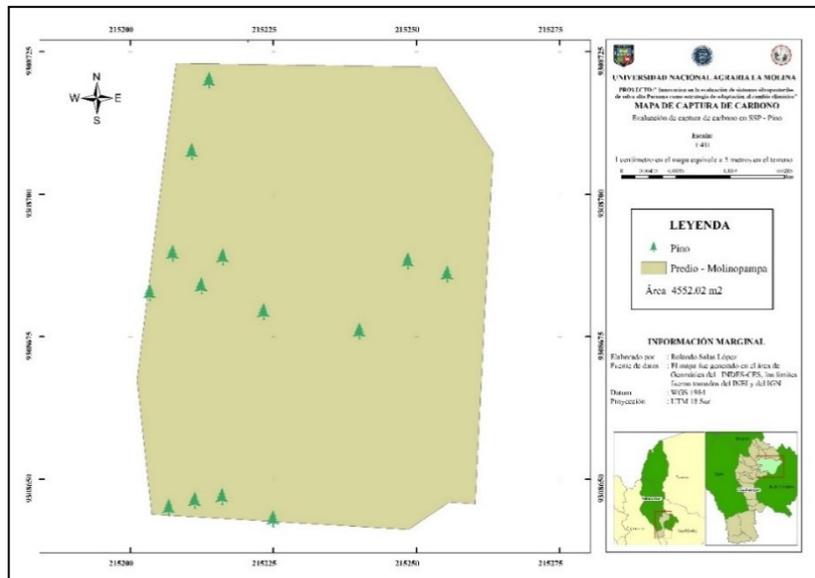
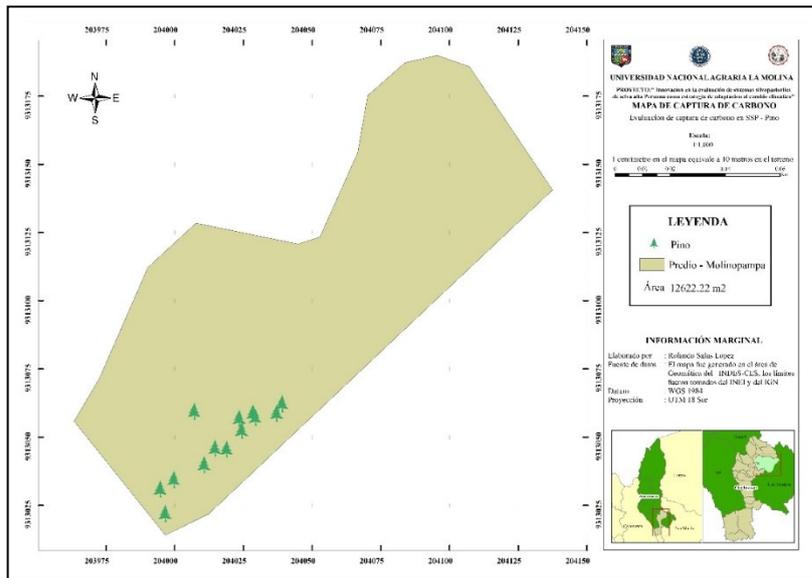
Reacción o pH	CLASES TEXTURALES		Distribución de Cationes %
Clasificación del Suelo	A	= arena	Ca ²⁺
*fuertemente ácido	A.Fr	= arena franca	=
*moderadamente ácido	Fr.A	= franco arenoso	=
*ligeramente ácido	Fr.	= franco	=
*neutro	Fr.L.	= franco limoso	=
*ligeramente alcalino	L	= limoso	Na ⁺
*moderadamente alcalino			=
*fuertemente alcalino			=

Anexo 5. Mapas de predios evaluados

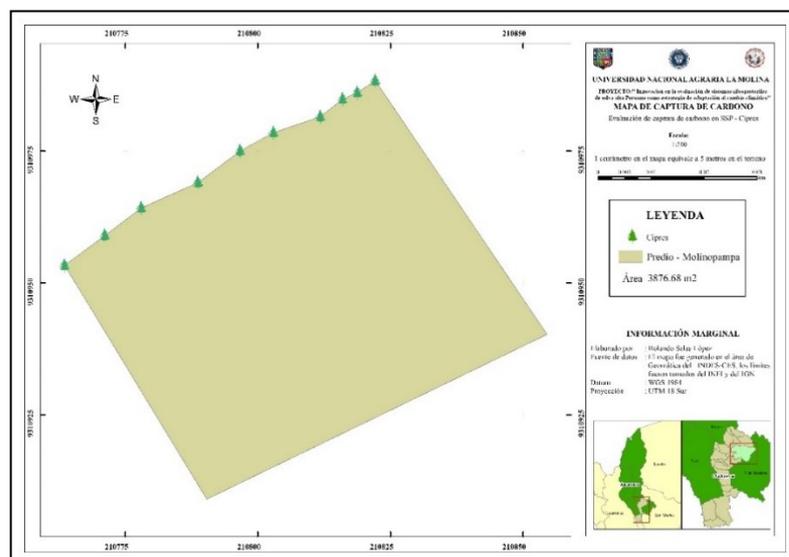
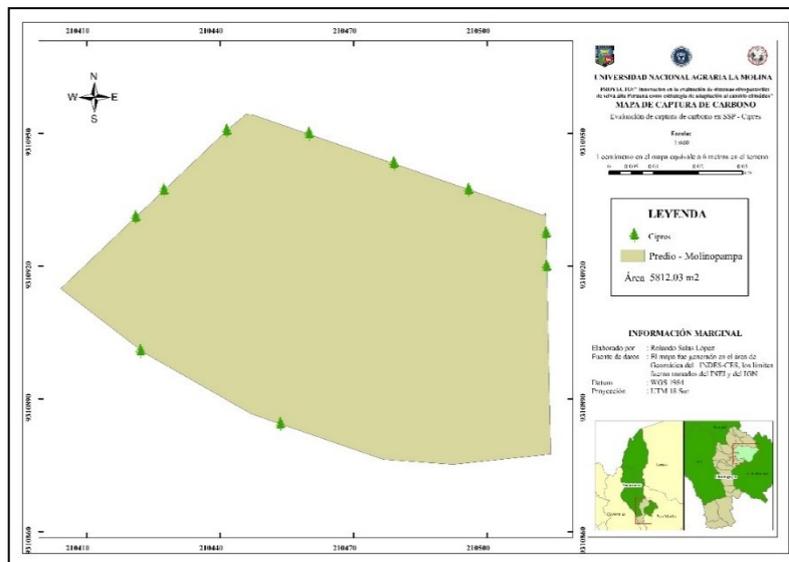
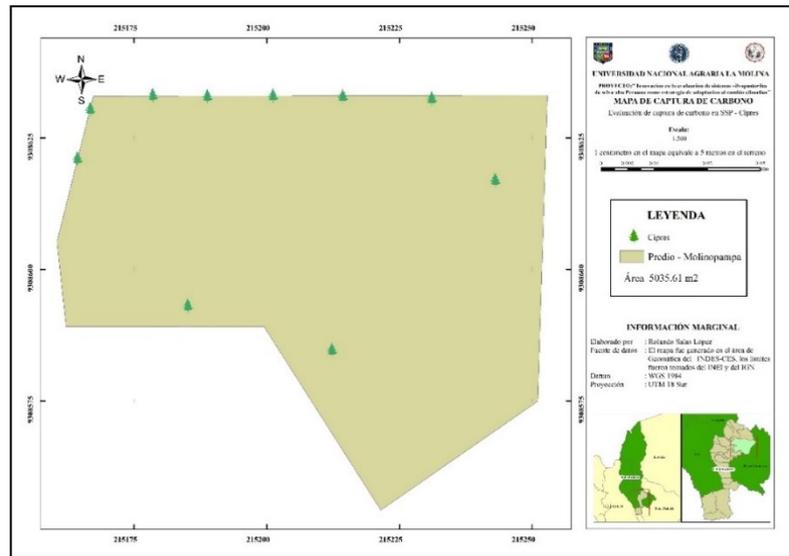
1. Mapas de distribución de árboles para captura de carbono del SSP1- Aliso en callejones.



2. Mapas de distribución de árboles para captura de carbono del SSP1-Pino en callejones



3. Mapas de distribución de árboles para captura de carbono del SSP1- ciprés en cerco vivo.



Anexo 6. Matriz de análisis de encuesta

Anexo 5. Base de datos del análisis de encuesta de identificación de los sistemas silvopastoriles, de la cuenca ganadera de Molinopampa

Número de Encuestas	I. Aspectos generales				II. Tamaño del predio				III. Tipo de arreglo del SSP			IV. Tipo de asociación del SSP					V. Permanencia del sistema silvopastoril		VI. Condición del suelo en el SSP				VII. Manejo del predio								
	2.1. ¿Cuál es su actividad principal?	2.2. ¿La condición de tenencia de sus tierras es?	2.3. ¿Usted conoce sobre los sistemas silvopastoriles-SSP?	2.4. ¿Recibe usted capacitación o asistencia técnica en SSP?	3.1. ¿Cuál es el área de terreno que posee?	3.2. ¿Qué área de terreno dispone para la crianza de ganado vacuno?	3.3. Para ampliar sus áreas de terreno que actividades realiza - ¿Talar y quemar un bosque nuevo?	3.4. Compra nuevas áreas de terreno	3.5. Alquilar o hipotecar nuevas áreas de terreno	4.1. ¿Cuál es el diseño de SSP o arreglo de árboles que usted tiene en su terreno?	4.2. ¿Cuánta de áreas posee el arreglo de SSP?	4.3. ¿Quién instala el SSP en su terreno?	5.1. ¿Qué especie de árbol ha plantado en su predio?	5.2. ¿Ha recibido apoyo para la siembra de árboles o plantaciones de árboles?	5.3. ¿Cuál es el motivo por lo que ha realizado la siembra o plantaciones de árboles?	5.4. ¿El tipo de pasto que posee en su predio es natural o cultivada?	5.5. ¿Qué especie de pasto predomina en su predio?	5.6. ¿Qué especie de árbol cree usted que se puede utilizar para establecer un SSP?	6.1. ¿Qué edad tiene su SSP?	6.2. ¿En qué tiempo piensa usted que se va a beneficiar los árboles del SSP?	7.1. ¿Cuál es la textura del suelo que posee su terreno?	7.2. ¿Qué color de suelo posee su terreno?	7.3. ¿Qué profundidad de capa arable o trabajable tiene su terreno?	7.4. ¿En qué condición de dureza o trabajeabilidad se encuentra el suelo de su predio?	8.1. ¿Qué razas de ganado cria en su hato ganadero?	8.2. ¿Número de cabezas de ganado que posee en el hato ganadero?	8.3. ¿Qué sistema de pastoreo realiza para la alimentación de su ganado?	8.4. ¿Cuál es el periodo de descanso que tiene cada parcela pastoreada?	8.5. ¿Cuántos litros se encuentran en producción de leche?	8.6. ¿Cuántos litros de leche produce diariamente en su hato ganadero?	
1	3.00	2.00	.00	.00	4.00	3.00	.00	.00	1.00	3.00	5.00	5.00	.00	7.00	.00	2.00	1.00	3.00	6.00	5.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00
2	3.00	2.00	.00	1.00	5.00	2.00	1.00	.00	.00	3.00	5.00	5.00	5.00	.00	7.00	.00	2.00	1.00	2.00	6.00	5.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.00	
3	1.00	2.00	.00	.00	2.00	1.00	.00	.00	.00	3.00	4.00	5.00	5.00	.00	4.00	1.00	4.00	1.00	1.00	3.00	2.00	3.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.00	
4	7.00	2.00	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.00	3.00	4.00	5.00	5.00	.00	5.00	.00	7.00	1.00	2.00	6.00	2.00	5.00	2.00	2.00	4.00	2.00	2.00	3.00	1.00	1.00	
5	7.00	2.00	1.00	.00	4.00	4.00	1.00	.00	.00	3.00	5.00	5.00	5.00	.00	5.00	.00	1.00	1.00	2.00	6.00	5.00	1.00	2.00	4.00	2.00	2.00	2.00	3.00	1.00	1.00	
6	3.00	2.00	.00	.00	2.00	2.00	1.00	.00	.00	3.00	5.00	5.00	5.00	.00	5.00	.00	1.00	1.00	2.00	6.00	5.00	4.00	2.00	1.00	2.00	2.00	3.00	1.00	1.00	1.00	
7	2.00	2.00	1.00	.00	3.00	3.00	1.00	1.00	.00	3.00	6.00	5.00	5.00	.00	5.00	1.00	4.00	2.00	2.00	6.00	1.00	3.00	3.00	1.00	1.00	4.00	2.00	2.00	2.00	3.00	
8	2.00	1.00	.00	.00	3.00	3.00	.00	.00	.00	3.00	2.00	5.00	5.00	.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.00	5.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	
9	7.00	2.00	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.00	3.00	2.00	5.00	5.00	.00	1.00	.00	2.00	1.00	1.00	6.00	5.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	
10	3.00	2.00	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.00	2.00	3.00	5.00	5.00	.00	7.00	7.00	1.00	1.00	6.00	1.00	5.00	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	
11	3.00	1.00	.00	.00	4.00	3.00	.00	.00	.00	3.00	6.00	5.00	5.00	.00	7.00	1.00	1.00	1.00	6.00	1.00	6.00	2.00	3.00	2.00	1.00	3.00	2.00	2.00	1.00	2.00	
12	3.00	2.00	.00	.00	4.00	3.00	.00	.00	.00	3.00	3.00	5.00	5.00	.00	5.00	1.00	4.00	1.00	6.00	1.00	5.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	
13	2.00	5.00	.00	.00	3.00	2.00	.00	.00	.00	3.00	3.00	3.00	5.00	.00	5.00	1.00	4.00	1.00	6.00	5.00	6.00	1.00	2.00	2.00	2.00	3.00	5.00	2.00	1.00	2.00	
14	7.00	5.00	1.00	.00	5.00	3.00	.00	.00	1.00	3.00	3.00	5.00	5.00	1.00	7.00	1.00	7.00	1.00	6.00	6.00	5.00	1.00	2.00	1.00	6.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
15	1.00	2.00	.00	.00	5.00	2.00	1.00	1.00	.00	3.00	3.00	3.00	5.00	.00	6.00	.00	7.00	1.00	4.00	6.00	1.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	
16	7.00	1.00	1.00	.00	5.00	4.00	.00	.00	.00	3.00	3.00	5.00	5.00	.00	6.00	.00	1.00	1.00	2.00	1.00	4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.00	4.00	1.00	2.00	
17	7.00	2.00	.00	.00	6.00	5.00	.00	.00	.00	3.00	6.00	5.00	5.00	.00	5.00	.00	4.00	2.00	2.00	6.00	5.00	1.00	1.00	2.00	1.00	4.00	2.00	3.00	1.00	1.00	
18	2.00	2.00	1.00	.00	6.00	6.00	.00	1.00	.00	3.00	3.00	6.00	5.00	.00	7.00	1.00	2.00	1.00	5.00	6.00	7.00	1.00	2.00	1.00	4.00	1.00	2.00	2.00	2.00	3.00	
19	2.00	2.00	.00	.00	6.00	4.00	1.00	.00	.00	2.00	3.00	5.00	5.00	.00	5.00	1.00	4.00	1.00	2.00	1.00	7.00	1.00	2.00	1.00	6.00	4.00	2.00	3.00	1.00	2.00	
20	7.00	2.00	.00	.00	3.00	2.00	.00	.00	.00	3.00	3.00	5.00	5.00	.00	7.00	1.00	7.00	1.00	1.00	6.00	1.00	1.00	2.00	1.00	5.00	2.00	2.00	3.00	1.00	1.00	
21	2.00	2.00	.00	.00	1.00	1.00	1.00	.00	.00	3.00	3.00	5.00	5.00	.00	7.00	1.00	4.00	2.00	2.00	6.00	5.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	
22	3.00	2.00	.00	.00	3.00	2.00	.00	.00	.00	3.00	5.00	5.00	5.00	.00	7.00	.00	1.00	1.00	3.00	6.00	5.00	3.00	1.00	3.00	1.00	4.00	2.00	3.00	1.00	1.00	
23	1.00	2.00	.00	.00	4.00	2.00	.00	.00	.00	3.00	4.00	5.00	5.00	.00	7.00	1.00	4.00	1.00	4.00	6.00	6.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	3.00	1.00	1.00	
24	7.00	2.00	1.00	.00	2.00	1.00	.00	.00	.00	3.00	5.00	5.00	5.00	.00	5.00	.00	1.00	1.00	2.00	6.00	5.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	
25	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	2.00	.00	.00	.00	2.00	5.00	1.00	5.00	1.00	7.00	1.00	4.00	1.00	2.00	3.00	2.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	
26	1.00	2.00	1.00	1.00	6.00	3.00	.00	.00	.00	1.00	6.00	1.00	3.00	.00	5.00	1.00	5.00	1.00	2.00	4.00	7.00	2.00	3.00	2.00	1.00	4.00	2.00	3.00	1.00	1.00	
27	3.00	2.00	1.00	1.00	4.00	2.00	.00	.00	.00	3.00	4.00	1.00	3.00	.00	2.00	.00	4.00	2.00	3.00	1.00	2.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	2.00	
28	3.00	1.00	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.00	2.00	3.00	1.00	3.00	.00	4.00	1.00	4.00	3.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	3.00	1.00	3.00	1.00	
29	2.00	2.00	1.00	.00	6.00	6.00	.00	.00	.00	3.00	5.00	1.00	3.00	.00	7.00	1.00	4.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.00	5.00	2.00	3.00	3.00	5.00	
30	3.00	2.00	1.00	1.00	3.00	2.00	1.00	.00	.00	3.00	3.00	1.00	3.00	1.00	7.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.00	5.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	3.00	2.00	
31	3.00	2.00	1.00	.00	3.00	3.00	1.00	.00	.00	1.00	3.00	1.00	3.00	.00	4.00	.00	7.00	2.00	2.00	1.00	4.00	5.00	1.00	2.00	1.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
32	3.00	2.00	.00	.00	2.00	1.00	1.00	.00	.00	1.00	4.00	1.00	3.00	.00	8.00	.00	1.00	1.00	1.00	5.00	1.00	1.00	2.00	5.00	2.00	5.00	2.00	2.00	1.00	1.00	
33	2.00	2.00	1.00	1.00	3.00	2.00	1.00	.00	.00	1.00	1.00	1.00	3.00	.00	5.00	1.00	4.00	2.00	2.00	5.00	4.00	1.00	2.00	1.00	2.00	4.00	1.00	2.00	2.00	3.00	
34	5.00	1.00	.00	.00	5.00	5.00	.00	.00	.00	2.00	4.00	1.00	3.00	.00	2.00	.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	1.00	1.00	1.00	4.00	2.00	3.00	2.00	3.00	
35	3.00	3.00	.00	.00	2.00	2.00	.00	.00	.00	3.00	4.00	6.00	3.00	1.00	.00	.00	5.00	1.00	1.00	1.00	4.00	1.00	4.00	1.00	1.00	1.00	2.00	3.00	1.00	1.00	
36	2.00	2.00	1.00	1.00	6.00	6.00	1.00	.00	.00	1.00	5.00	1.00	3.00	.00	4.00	1.00	1.00	2.00	2.00	1.00	5.00	2.00	1.00	1.00	4.00	5.00	3.00	1.00	3.00	1.00	
37	2.00	2.00	1.00	1.00	4.00	3.00	.00	.00	.00	2.00	5.00	1.00	3.00	.00	7.00	1.00	1.00	2.00	2.00	6.00	2.00	3.00	1.00	1.00	4.00	5.00	3.00	2.00	2.00	5.00	
38	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00	2.00	.00	.00	.00	2.00	4.00	1.00	3.00	.00	5.00	1.00	5.00	2.00	1.00	3.00	2.00	3.00	1.00	2.00	1.00	1.00	2.00	4.00	1.00	1.00	
39	3.00	2.00	.00	.00	1.00	1.00	.00	.00	.00	3.00	2.00	1.00	3.00	1.00	2.00	.00	4.00	1.00	4.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	
40	2.00	2.00	.00	.00	3.00	2.00	1.00	.00	.00	2.00	3.00	1.00	3.00	.00	2.00	.00	7.00	1.00	2.00	1.00	4.00	1.00	2.00	2.00	6.00	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
41	3.00	2.00	.00	.00	3.00	3.00	.00	.00	.00	3.00	3.00	1.00	3.00	.00	2.00	.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	
42	3.00	2.00	.00	.00	3.00	2.00	.00	.00	.00	2.00	3.00	1.00	3.00	.00	5.00	.00	2.00	2.00	1.00	4.00	1.00	2.00	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	3.00	1.00	2.00	

Anexo 7. Matriz de confiabilidad de la encuesta

BASE DE DATOS PARA ANALISIS DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LA ENCUESTA																															
Encuesta	ITEMS																													TOTAL	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV	XXVI	XXVII	XXVIII	XXIX		XXX
1	7	1	1	1	4	3	0	1	1	2	5	5	5	1	8	0	4	5	3	6	5	1	1	2	5	3	2	3	1	2	88
2	3	1	1	0	5	2	1	1	0	3	5	4	1	1	3	1	2	3	2	6	3	1	2	1	1	2	3	1	0	3	62
3	1	1	0	1	2	1	0	0	1	2	4	1	5	0	4	1	1	1	1	3	2	3	2	2	4	3	3	2	1	1	53
4	2	0	1	1	1	1	1	1	0	3	6	5	5	1	5	0	4	2	2	6	2	5	1	1	5	2	2	3	0	3	71
5	5	1	1	1	5	4	1	1	1	3	5	4	2	0	7	1	1	4	5	4	5	1	2	2	1	1	1	3	1	3	76
6	7	0	0	0	2	2	1	1	0	2	5	5	5	1	6	1	4	1	4	6	4	4	3	1	4	2	2	3	0	1	77
7	4	1	1	1	4	3	0	1	1	3	3	2	3	1	4	0	3	2	1	4	1	3	2	1	1	4	3	2	1	3	63
8	1	0	0	0	3	3	1	0	0	1	2	5	5	0	1	1	1	1	1	5	2	1	2	1	1	2	1	3	0	1	45
9	2	1	0	1	1	1	0	1	1	2	1	1	3	0	2	0	2	3	3	6	3	1	1	2	4	1	1	2	1	1	48
10	2	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	6	1	5	1	1	1	1	2	2	2	0	3	41
ESTADISTICOS																															
Varianza	4.6	0.2	0.3	0.2	2.4	1.1	0.3	0.2	0.2	0.6	3.0	2.5	2.7	0.2	5.3	0.2	1.6	1.8	2.8	2.6	2.0	2.1	0.4	0.2	3.0	0.8	0.6	0.4	0.3	0.9	

α	0.829
K (numero de items)	30
Vi (Varianza de cada item)	43.40
Vt (Varianza total)	218.44

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right]$$

Análisis de fiabilidad

Resumen del procesamiento de los casos

		N	%
Casos	Válidos	10	100.0
	Excluidos ^a	0	.0
	Total	10	100.0

a. Eliminación por lista basada en todas las variables del procedimiento.

Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.829	30

Anexo 8. Eficiencia de los sistemas silvopastoriles

EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES

Retención de carbono total

Sistemas	Arborea	Hojarasca	Herbácea	Suelo	Total
Aliso	3.20	1.40	2.24	101.3	108.15
Pino	7.18	3.22	1.29	149.05	160.75
Ciprés	27.46	3.52	1.85	117.28	150.10
Pona	54.82	0.96	2.09	121.28	179.14
SSA	0	0	1.72	129.61	131.33

$$\text{Ret (Tm/ha)} = \text{Ca} + \text{Ch} + \text{Cher} + \text{Cs}$$

Biomasa vegetal total

Sistemas	Arborea	Hojarasca	Herbácea	Total
Aliso	7.62	3.34	5.34	16.3
Pino	16.81	7.55	3.03	27.39
Ciprés	54.91	7.03	3.69	65.63
Pona	96.61	1.69	3.68	101.98
SSA	0	0	4.03	4.03

$$\text{Bvt (Tm/ha)} = \text{Ba} + \text{Bh} + \text{Bher}$$

Dióxido de Carbono (CO₂)

Sistemas	Árbol	Hojarasca	Herbácea	Suelo	Total
Aliso	11.73	5.14	8.22	371.37	396.46
Pino	26.31	11.82	4.74	546.42	589.29
Ciprés	100.65	12.89	6.76	429.95	550.25
Pona	200.96	3.52	7.65	444.61	656.74
SSA	0	0	6.3	475.15	481.45

$$\text{CO}_2 \text{ (Tm/ha)} = \text{CO}_{2a} + \text{CO}_{2h} + \text{CO}_{2her} + \text{CO}_{2s}$$

Nutrientes en el forraje

Sistemas	Proteína	Fibra cruda	FDN	Total
Aliso	0.426	0.701	1.225	2.35
Pino	0.130	0.222	0.462	0.81
Ciprés	0.264	0.506	0.969	1.74
Pona	0.176	0.398	0.884	1.46
SSA	0.349	0.658	1.409	2.42

Cant PC/ha= %PC * Cant. de MS *10,000 m2*

$$\text{Cnf (Tm/ha)} = \text{Cp} + \text{Fc} + \text{Fdn}$$

Nutrientes en el suelo

Sistemas	Materia orgánica	Carbono orgánico	Total
Aliso	180	105	285
Pino	267	155	421
Ciprés	204	118	323
Pona	211	122	333
SSA	228	132	360
Ws TM = 10000*p*da			

$$\text{Cns (Tm/ha)} = \text{Mo} + \text{Co}$$